UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ACATLAN.

ANALISIS DE ESTRUCTURAS RETICULARES POR EL METODO DE RIGIDECES

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO CIVIL

Presenta:

ENRIQUE MERINO PEREZ.

VNIVERSIDAD NACIONAL AVTONOMA

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN
COORDINACION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA

CI/012/1985.

SR. MERINO PEREZ ENRIQUE
Alumno de la carrera de Ingeniería Civil.
P r e s e n t e.

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha, 20 de enero de 1982, me complace notificarle que esta Coordinación tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: "Análisis de Estructuras Reticulares por el Método de Rigideces", el cual se desarrollará como sigue:

- .- Introducción.
- I.- Marco teórico.
- II.- Programa de computadora.
- III.- Ejemplos ilustrativos.
- IV.- Conclusiones.

Asimismo fue designado como Asesor de Tesis el señor Ing. Víctor José Palencia Gómez, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

A t e n t a m e n t e,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Acatlán, Edo. de Méx., a 29 de enero de 1985.

ING. ALEJANDRO RAMIREZ SECEÑA
Coordinador del Programa de Ingeniería

ACATLAN
COORDINACION DEL
PROGRAMA DE INGENIERIA

ARS/rcm.

INDICE.

INTRODUCCION.

L ADVENIMIENTO EN LAS DOS ULTIMAS DECADAS DE COMPUTADORAS ANALOGI-
DIGITALES COMO HERRAMIENTAS DE CALCULO EN LA INGENIERIA CIVIL, HA
POSIBLE EL DESARROLLO DE METODOS MATRICIALES EN EL ANALISIS DE ES-
TURAS RETICULARES. LOS FUNDAMENTOS DE ESTOS METODOS NO SON MUY RE-
TES; SE APOYAN EN LOS PRINCIPIOS ESTABLECIDOS EN EL SIGLO PASADO
MAXWELL (1831- 1879), CASTIGLIANO (1874 - 1884) Y MULLER BRESLAU
- 1925); SIN EMBARGO, SU IMPLEMENTACION SE VIO SERIAMENTE OBSTA-
ADA AL NO CONTAR CON ELEMENTOS QUE PERMITIERAN LA SOLUCION DE LOS
ES SISTEMAS DE ECUACIONES SIMULTANEAS QUE INVOLUCRAN.

LOS METODOS MATRICIALES DE ANALISIS SUELEN DIVIDIRSE EN EL METODO
EXIBILIDADES O FUERZAS Y EL METODO DE RIGIDECES O DESPLAZAMIENTOS.
S METODOS SATISFACEN LAS ECUACIONES DE EQUILIBRIO DE FUERZAS Y LAS
CIONES DE COMPATIBILIDAD DE LOS DESPLAZAMIENTOS, SIN EMBARGO, EL
EN QUE LO HACEN ES DIFERENTE. EN EL METODO DE RIGIDECES PRIMERO
ATISFACE EL EQUILIBRIO DE LAS FUERZAS Y EN EL METODO DE FLEXIBILI-
S LO HACE PRIMERO LA COMPATIBILIDAD DE LOS DESPLAZAMIENTOS. CADA
O INVOLUCRA LA SOLUCION EVENTUAL DE SISTEMAS DE ECUACIONES SIMUL-
AS EN LAS CUALES LOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS NUDOS SON LAS INCOGNI-
EN EL METODO DE RIGIDECES, MIENTRAS QUE LO SON LAS FUERZAS EN EL
O DE FLEXIBILIDADES. EL GRADO DE INDETERMINACION DE LA ESTRUCTURA
ASOCIADO AL METODO DE FLEXIBILIDADES COMO EL NUMERO DE REDUNDANTES
R TANTO DE ECUACIONES) QUE SE REQUIERE INTRODUCIR PARA RESOLVER EL
EMA; CONTRARIAMENTE, EL METODO DE RIGIDECES NO TOMA EN CUENTA SI LA
CTURA ES DETERMINADA O INDETERMINADA, Y EL SISTEMA DE ECUACIONES

INVOLUCRA DISMINUYE A MEDIDA QUE SE HACE MENOR EL GRADO DE LIBERTAD A ESTRUCTURA. NO OBSTANTE, EN CUALQUIERA DE LOS DOS METODOS, EL NU- DE ECUACIONES SIMULTANEAS QUE SE REQUIERE RESOLVER PUEDE LLEGAR A MUY GRANDE.

ACTUALMENTE, EXISTE UN CONJUNTO DE PROGRAMAS COMERCIALES (COMO LOS ETES DE ANALISIS STRESS, STRUDL, ETC.) ELABORADOS PARA SER EMPLEA- EN COMPUTADORAS DE GRANDES DIMENSIONES, EN DONDE LOS REQUERIMIENTOS ESPACIO DE MEMORIA NO SON RELEVANTES. SIN EMBARGO, EL ACCESO A ESTE DE MAQUINAS RESULTA SER MUY CARO Y POCO VENTAJOSO CON RESPECTO A FACILIDADES QUE PODRIAN PRESENTAR PROGRAMAS ELABORADOS EN MICROCOM- DORAS DE MENOR TAMAÑO, CON LAS QUE CUENTAN LA MAYORIA DE LOS DESPA- DE INGENIERIA O CENTROS DE COMPUTO DEDICADOS A LA DOCENCIA.

LA PRESENTE TESIS TIENE POR OBJETO LA IMPLEMENTACION DE UN PROGRA- DE COMPUTADORA CAPAZ DE REALIZAR EL ANALISIS (DETERMINACION DE ELE- S MECANICOS Y DEFORMACIONES) DE CUALQUIER TIPO DE ESTRUCTURA RETI- (ARMADURA PLANA, ARMADURA EN EL ESPACIO, MARCO PLANO, RETICULA Y EN EL ESPACIO) BAJO LA ACCION DE DIFERENTES CONDICIONES DE CARGA, DO EN CUENTA EL METODO MATRICIAL DE RIGIDECES. EL PROGRAMA POR RE- R PODRA SER EMPLEADO TANTO EN COMPUTADORAS DE GRANDES DIMENSIONES, EN LAS DE TAMAÑO MEDIO.

EN EL PRIMER CAPITULO SE ANALIZAN LA NATURALEZA DEL PROBLEMA Y LOS IPIOS EN LOS QUE SE BASAN LOS METODOS MATRICIALES DE SOLUCION, DE- DO ESPECIAL ATENCION EN AQUELLOS ASPECTOS RELACIONADOS CON EL ME- MATRICIAL DE RIGIDECES. EN ESTE PRIMER CAPITULO TAMBIEN SE INCLUYE ESTUDIO DE ESTRUCTURAS RETICULARES SOMETIDAS A CONDICIONES ESPECIA- DE ANALISIS, TALES COMO: HUNDIMIENTO DE APOYOS, VARIACION TERMICA, DE AJUSTE EN LA ESTRUCTURA POR ERRORES DE FABRICACION, Y FUERZAS ADAS SOBRE LAS BARRAS.

EN EL SEGUNDO CAPITULO SE ELABORA UN PROGRAMA DE COMPUTADORA PARA ZAR ESTRUCTURAS RETICULARES MEDIANTE EL METODO DE RIGIDECES. POS- RMENTE SE MENCIONAN LAS CARACTERISTICAS MAS SOBRESALIENTES DEL AMA, Y SE DESCRIBE EN FORMA DETALLADA CADA UNO DE LOS BLOQUES QUE ONSTITUYEN. EN ESTE CAPITULO SE HA ANEXADO EL LISTADO DEL PROGRAMA OMO EL INSTRUCTIVO DEL MISMO.

EN EL ULTIMO CAPITULO SE EJEMPLIFICA EL EMPLEO DEL PROGRAMA ME- E EL ANALISIS DE UN MARCO EN EL ESPACIO SOMETIDO A LA ACCION DE CONJUNTOS DE CARGAS INDEPENDIENTES.

NOMENCLATURA UTILIZADA.

GENERALIDADES.

NOMENCLATURA DE MATRICES Y VECTORES.

LAS MATRICES Y VECTORES SON DESIGNADOS POR CUALQUIER LETRA SEGUIDA
E PARENTESIS RECTANGULARES "[ ]". ENTRE ELLOS PUEDE INCLUIRSE UNO O
RIOS INDICES QUE INDICAN SU POSICION DENTRO DE LA MATRIZ DE LA QUE A
 VEZ FORMAN PARTE.

A[] MATRIZ A

A[IJ] ELEMENTO DE LA MATRIZ A QUE OCUPA EL I-ESIMO RENGLON J-ESIMA COLUMNA. DICHO ELEMENTO ES TAMBIEN UNA MATRIZ.

INVERSA Y TRANSPUESTA DE MATRICES

LA INVERSA O TRANSPUESTA DE UNA MATRIZ SE DESIGNAN MEDIANTE LAS
TRAS "I" O "T" RESPECTIVAMENTE, PRECEDIENDO LA DESIGNACION QUE IDEN-
FICA A DICHA MATRIZ.

IA[] INVERSA DE LA MATRIZ A

TA[] TRANSPUESTA DE LA MATRIZ A

MAGNITUDES ESCALARES.

PARA DESIGNAR A UN ELEMENTO ESCALAR QUE FORMA PARTE DE UN VECTOR O
TRIZ, SERAN EMPLEADOS LOS PARENTESIS REDONDOS "( )", DENTRO DE LOS
JALES SE INCLUIRA EL INDICE O INDICES QUE DEFINEN SU POSICION.

R(IJ) ELEMENTO ESCALAR DEL I-ESIMO-RENGLON, J-ESIMA COLUMNA DE LA MATRIZ R.

SUBINDICES.

LOS SUBINDICES DE CUALQUIER ELEMENTO DEBERAN DE SER INCLUIDOS DEN-O DE PARENTESIS TRIANGULARES "< >".

A<I>	A SUBINDICE I
A<IJ>	A SUBINDICES I,J

SISTEMA COORDENADO LOCAL Y GENERAL.

PARA INDICAR QUE UNA ENTIDAD ES REFERIDA EN SISTEMA LOCAL, LA LE-A MEDIANTE LA QUE SE LE DESIGNA DEBERA SER PRECEDIDA POR EL SIGNO ". EN CASO DE NO EXISTIR TAL SIGNO, SE ASUME QUE DICHA ENTIDAD SE EN-UENTRA EXPRESADA EN SISTEMA GENERAL.

_A[]	MATRIZ A EN SISTEMA LOCAL
A[]	MATRIZ A EN SISTEMA GENERAL

FUERZAS.

_P[], P[]	VECTOR DE FUERZAS GENERALIZADO
_P[IJ], P[IJ]	FUERZAS APLICADAS EN EL EXTREMO I DEL ELEMENTO IJ
P[I]	FUERZA NODAL EN EL NUDO I
P[I:E]	FUERZA EQUIVALENTE EN EL NUDO I
P[IJ:E], P[IJ:E]	FUERZA DE EMPOTRAMIENTO EN EL EXTREMO I DEL ELEMENTO IJ
P(1),_P(2),_P(3)	COMPONENTES LINEALES DE P[] EN LAS DIRECCIONES DE LOS EJES _X, _Y, _Z
P(4),_P(5),_P(6)	COMPONENTES ROTACIONALES DE P[] EN LAS DIRECCIONES DE LOS EJES _X, _Y, _Z
P[IJ:P]	FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO REFERIDAS A LOS EJES DE COORDENADAS PRINCIPALES

F	FUERZA AXIAL
V	FUERZA CORTANTE
M	MOMENTO DE FLEXION
T	MOMENTO DE TORSION

DESPLAZAMIENTOS.

Δ[], δ[]	VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS GENERALIZADO
Δ(), δ()	ELEMENTO DE Δ[] O δ[] (DESPLAZAMIENTO EN CIERTA DIRECCION)
Δ[I], δ[I]	DESPLAZAMIENTO DEL NUDO I
Δ[IJ], δ[IJ]	DESPLAZAMIENTO DEL EXTREMO I DEL ELEMENTO IJ
Δ[IJ:P]	DESPLAZAMIENTO DEL EXTREMO I DEL ELEMENTO IJ EN EL SISTEMA PRINCIPAL DE COORDENADAS
(1), δ(2), δ(3)	COMPONENTES LINEALES DE δ[] EN LAS DIRECCIONES DE LOS EJES _X, _Y, _Z
(4), δ(5), δ(6)	COMPONENTES ROTACIONALES δ[] EN LAS DIRECCIONES DE LOS EJES _X, _Y, _Z

MATRICES DE RIGIDEZ.

K[]	MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA
_K[II:J],K[II:J]	MATRIZ DE RIGIDEZ DIRECTA EN EL EXTREMO I DEL ELEMENTO IJ
_K[JJ:I],K[JJ:I]	MATRIZ DE RIGIDEZ DIRECTA EN EL EXTREMO J DEL ELEMENTO IJ
_K[IJ], K[IJ]	MATRIZ DE RIGIDEZ CRUZADA DEL ELEMENTO IJ
_K[II], K[II]	MATRIZ DE RIGIDEZ DEL NUDO I
_K[IJ:P]	RIGIDEZ CRUZADA DEL ELEMENTO IJ EN EL SISTEMA PRINCIPAL DE COORDENADAS

_K(MN), K(MN)	UN ELEMENTO DEL M-ESIMO RENGLON, N-ESIMA COLUMNA DE _K[] Y K[] RESPECTIVAMENTE

OTRAS ENTIDADES.

R[IJ]	MATRIZ DE ROTACION QUE CONVIERTE UN VECTOR DE EJES GENERALES A EJES LOCALES ROTANDOLOS ENTRE SI ALREDEDOR DEL EXTREMO I DEL ELEMENTO IJ
I[]	MATRIZ IDENTIDAD
Ø[]	MATRIZ CERO
C[]	MATRIZ DE COEFICIENTES PARA LAS FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO

CANTIDADES ESCALARES.

E	MODULO DE ELASTICIDAD O MODULO DE YOUNG
G	MODULO DE RIGIDEZ AL CORTANTE O DE ELASTICIDAD TRANSVERSAL
J	CONSTANTE DE TORSION
I	MOMENTO DE INERCIA
IX, IY, IZ	MOMENTO DE INERCIA CON RESPECTO A LOS EJES _X, _Y, _Z RESPECTIVAMENTE
A(IJ)	AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL ELEMENTO IJ
L(IJ)	LONGITUD DEL ELEMENTO IJ
W	TRABAJO
U	ENERGIA DE DEFORMACION
σ	ESFUERZO
ε	DEFORMACION UNITARIA
T	VARIACION DE TEMPERATURA
α	COEFICIENTE DE VARIACION TERMICA

CAPITULO I.

MARCO TEORICO.

PRINCIPIOS EN QUE SE FUNDAMENTA EL ANALISIS.

LINEALIDAD.

EL PRINCIPIO DE LINEALIDAD SUPONE QUE LOS MATERIALES EMPLEADOS EN ESTRUCTURA PRESENTARAN DEFLEXIONES (DEFORMACIONES) DE MAGNITUDES LI- ALMENTE PROPORCIONALES A LAS CARGAS QUE LAS ORIGINAN, ES DECIR, QUE S MATERIALES CONSTITUTIVOS DE LA ESTRUCTURA SON LINEALMENTE ELASTICOS LAS CARGAS QUE ACTUAN EN ELLAS JAMAS REBASARAN EL PUNTO DE FLUENCIA L MATERIAL, LO QUE ES EQUIVALENTE A TRABAJAR CON ELEMENTOS CUYA GRA- CA DE ESFUERZO-DEFORMACION TIENE EN TODOS LOS CASOS LA SIGUIENTE FOR- A

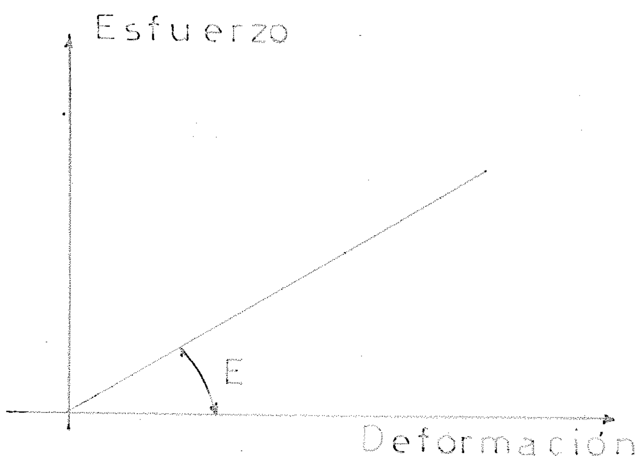


FIGURA 1

PRINCIPIO DE LAS PEQUE#AS DEFORMACIONES.

ESTABLECE QUE BAJO LA ACCION DE CARGAS APLICADAS A UNA ESTRUCTURA, TA NO SUFRIRA CAMBIOS SIGNIFICATIVOS EN SU GEOMETRIA. ESTA TEORIA ES MBIEN CONOCIDA COMO TEORIA DE PRIMER ORDEN Y EN OCASIONES, PUEDEN EGAR A ENCONTRARSE ESTRUCTURAS TALES COMO ARCOS ESBELTOS, TORRES MUY TAS O PUENTES COLGANTES QUE NO LA SATISFACEN.

SEGUN ESTE PRINCIPIO, EL DESPLAZAMIENTO LATERAL EN LAS DOS COLUM- S DE LA ILUSTRACION, SERA APROXIMADAMENTE LA MISMA, YA QUE LA FUERZA 2> NO PRODUCE FLEXIONES DE CONSIDERACION.

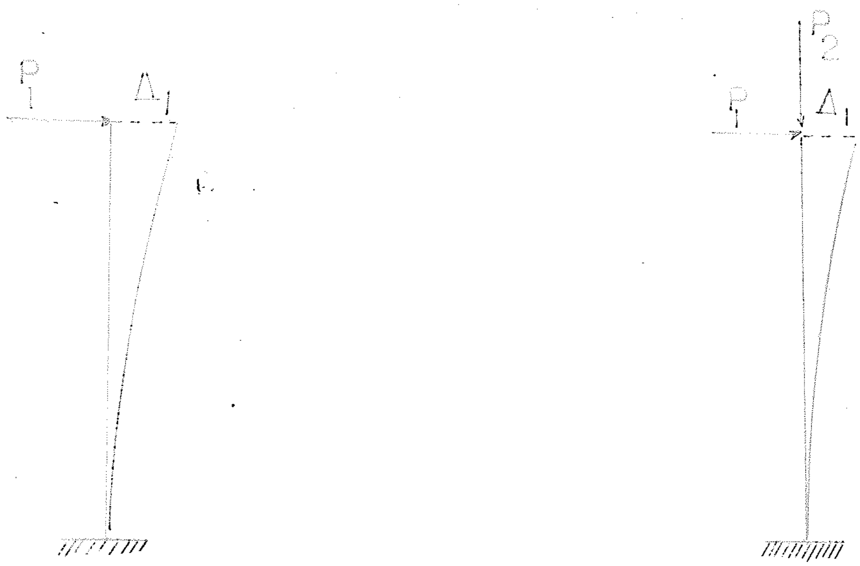


FIGURA 2

COMPATIBILIDAD

EL PRINCIPIO DE COMPATIBILIDAD SUPONE QUE CUALQUIER PUNTO DE LA TRUCTURA TENDRA DEFORMACIONES Y DESPLAMIENTOS CONTINUOS, LO CUAL PERTE ESTABLECER COMO UNICOS A LOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS EXTREMOS DE S ELEMENTOS QUE CONCURREN A UN NUDO. SIN EMBARGO EXISTEN OCASIONES EN E LOS ELEMENTOS ESTAN UNIDOS ENTRE SI MEDIANTE UNIONES SEMIRRIGIDAS O DIANTE ARTICULACIONES EN CUYO CASO LAS CONDICIONES DE COMPATIBILIDAD SE CUMPLEN EN SU TOTALIDAD.

PRINCIPIO DE SUPERPOSICION.

EN EL DESARROLLO DEL ANALISIS, EL PRINCIPIO DE SUPERPOSICION ES O DE LOS MAS UTILIZADOS. ESTABLECE QUE SIEMPRE Y CUANDO SE RESPETEN S PRINCIPIOS DE LINEALIDAD Y PEQUEÑAS DEFORMACIONES, LA SECUENCIA DE LICACION DE LAS CARGAS NO TENDRA REPERCUSIONES EN LOS RESULTADOS FILES.

ESTE PRINCIPIO PERMITE EXPRESAR A LA ESTRUCTURA REAL COMO UN CONNTO SUPERPUESTO DE ESTRUCTURAS PRIMARIAS BAJO LA ACCION DE DIFERENTES ECTOS (CARGAS REALES Y REDUNDANTES), LO QUE PERMITE RESOLVER ESTRUCRAS CON SISTEMAS DE CARGAS APLICADAS EN LAS BARRAS MEDIANTE LA SUPERSICION DE FUERZAS EQUIVALENTES EN LOS NUDOS.

EQUILIBRIO ESTATICO.

ESTE TIPO DE EQUILIBRIO SUELE TENERSE EN ESTRUCTURAS EN LAS QUE
N SIDO APLICADAS CARGAS EN FORMA CUASILINEAL (PARTIENDO DESDE CERO Y
CANZANDO SU VALOR FINAL GRADUALMENTE) ORIGINANDO DEFORMACIONES QUE
SARAN UNA VEZ QUE SE HAYA DEJADO DE INCREMENTAR LA CARGA, LOGRANDO
N ELLO UNA POSICION DE EQUILIBRIO ESTATICO.

PRINCIPIO DE EQUILIBRIO DE FUERZAS EN LOS NUDOS.

ASEGURA QUE LA SUMA DE LAS FUERZAS EN EL EXTREMO DEL ELEMENTO DE
DOS LOS ELEMENTOS QUE SE UNEN EN UN NUDO ES IGUAL A LA CARGA EXTERNA
LICADA EN ESE NUDO. ES DECIR:

$$P[I] = P[IJ] + P[IM] + \ldots\ldots + P[IN]$$

ENERGIA DE DEFORMACION.

LA APLICACION DE UN CONJUNTO DE FUERZAS EXTERNAS SOBRE UN CUERPO
PRODUCE DEFORMACIONES (CAMBIOS EN SU CONFIGURACION) QUE CESAN UNA
Z QUE EL SISTEMA DE FUERZAS INTERNAS EQUILIBRA AL SISTEMA DE FUERZAS
TERNAS. EL TRABAJO REALIZADO POR EL CONJUNTO DE FUERZAS EXTERNAS DU-
NTE LA DEFORMACION PUEDE SER EVALUADO COMO:

$$W = \int_A^B P \cos(\varphi)\, d\delta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

EN DONDE -ψ- REPRESENTA EL ANGULO EXISTENTE ENTRE LA TANGENTE A LA AYECTORIA ENTRE LOS PUNTOS -A- Y -B- DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE FI- RA:

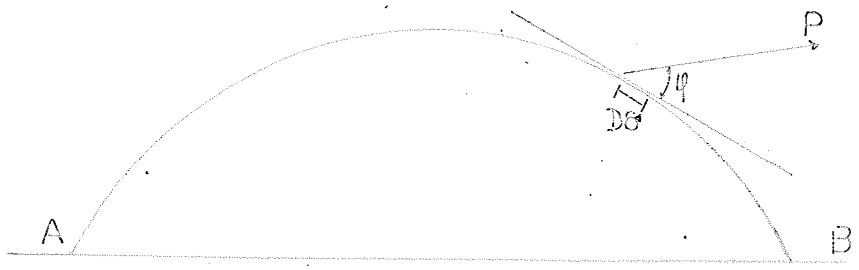


FIGURA 3

ESTE TRABAJO, TAMBIEN LLAMADO ENERGIA DE DEFORMACION, SE ACUMULA EL CUERPO Y LE PERMITE RECUPERAR SU FORMA ORIGINAL UNA VEZ QUE SEAN TIRADAS LAS FUERZAS EXTERNAS QUE LA ORIGINARON. CUANDO EL CUERPO RE- PERA EXACTAMENTE LA FORMA QUE POSEIA EN UN PRINCIPIO, SE DICE QUE SE ATA DE UN CUERPO PERFECTAMENTE ELASTICO, DE TAL FORMA QUE SU GRAFICA ENERGIA DE DEFORMACION ES LA SIGUIENTE:

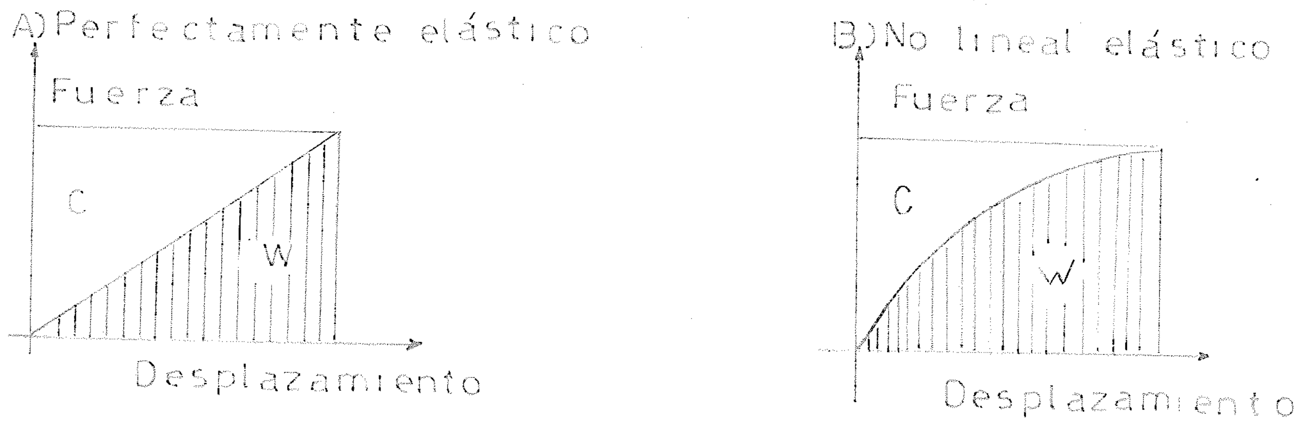


FIGURA 4

SI SE SUPONE QUE LA FUERZA -P- ES APLICADA EN FORMA CUASILINEAL, Y
E LA DIRECCION DE LA MISMA NO SE ALTERA DURANTE EL PROCESO DE CARGA,
TONCES DE LA ECUACION (1) SE PUEDE OBTENER:

$$W = P_P \int_0^{\delta_T} D\delta \quad . . . . . (3)$$

EN DONDE P<P> REPRESENTA EL VALOR PROMEDIO DE -P-, -δ- LA DEFORMA-
ON EN EL PUNTO DE APLICACION DE -P-, Y δ<T> LA DEFORMACION TOTAL AL
NAL DEL PROCESO.

EN EL CASO DE LOS CUERPOS LINEALMENTE ELASTICOS, LA INTEGRAL DE LA
UACION (3), PUEDE CALCULARSE COMO:

$$W = \frac{1}{2} P_P \; \delta_T \quad . . . . (4)$$

LA FORMULA (4), CONOCIDA COMO LEY CLAPEYRON, EVALUA EL TRABAJO DE
DEFORMACION PARA MATERIALES ELASTICOS LINEALES CORRESPONDIENTES AL
EA BAJO LA CURVA DE LA GRAFICA DE FUERZA-DEFORMACION Y PUEDE EXTEN-
RSE AL CASO GENERAL EN QUE -P- REPRESENTA CUALQUIER COMPONENTE DE
ERZA (AXIAL O CORTANTE) O DE MONETO (FLEXIONANTE O TORSIONANTE) Y
T> LA DEFLEXION DEL PUNTO DE ALICACION DE LA FUERZA EN LA DIRECCION
LA MISMA.

TENIENDO EN CUENTA EL CASO DE UNA BARRA ELASTICA A LA QUE SE LE HA
LICADO UNA CARGA AXIAL, SE TIENE QUE EL ESFUERZO NORMAL ES:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad . . . . (5)$$

LA DEFORMACION UNITARIA:

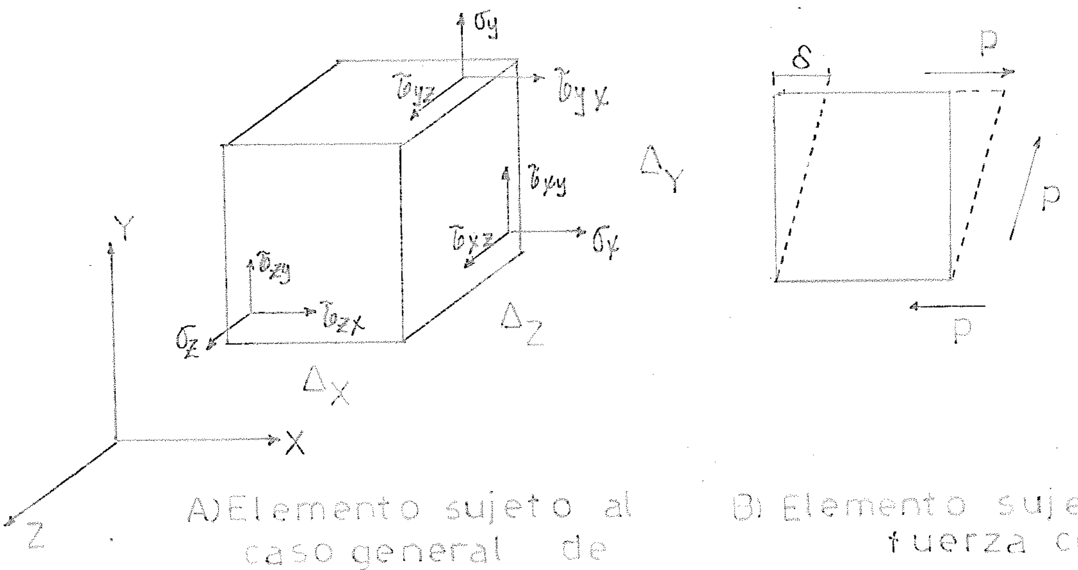
$$\varepsilon = \frac{\delta_T}{L} \quad . . . . (6)$$

MANDO EN CUENTA LOS VALORES ENCONTRADOS PARA EL ESFUERZO NORMAL Y FORMACION UNITARIA DE LAS ECUACIONES (5) Y (6) Y SUSTITUYENDOLAS LA ECUACION (4) SE TIENE:

$$W = \frac{1}{2} A L \sigma \varepsilon \quad . . . . (7)$$

EL TRABAJO ESPECIFICO DE DEFORMACION PUEDE DEFINIRSE A PARTIR DE ECUACION (7) SI SE CONSIDERA UNITARIA A LA SECCION TRANSVERSAL -A- LA BARRA Y A SU LONGITUD -L-:

$$W_U = \frac{1}{2} \sigma \varepsilon \quad . . . . (7A)$$



A) Elemento sujeto al caso general de esfuerzos

B) Elemento sujeto a fuerza cortante

FIGURA 5

SE TIENE UN ELEMENTO SUJETO A FUERZA CORTANTE (CASO B DE LA FIGURA PERIOR), Y UN CORTE EN EL PLANO -XY- SE OBTIENE:

$$\tau = \frac{P}{\Delta_X \quad \Delta_Z} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

$$\gamma = \frac{\delta}{\Delta_Y} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

SI AL IGUAL QUE COMO SE PROCEDIO EN EL CASO DE LA FUERZA NORMAL EMPLAZAMOS LOS VALORES DE LAS ECUACIONES (8) Y (9) PARA SUSTITUIRLA LA ECUACION (4) ENCONTRAMOS QUE:

$$W = \frac{1}{2} \tau \gamma \quad \Delta_X \quad \Delta_Y \quad \Delta_Z \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

POR LO QUE:

$$W_U = \frac{1}{2} \tau \gamma \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

EN EL CASO GENERAL DE UN ELEMENTO SUJETO A ESFUERZOS NORMALES Y NGENCIALES (FIGURA 5), EL TRABAJO ESPECIFICO DE DEFORMACION TIENE UN LOR DE:

$$= \frac{1}{2}(\sigma_X \; \varepsilon_X + \sigma_Y \; \varepsilon_Y + \sigma_Z \; \varepsilon_Z + \tau_{XY} \; \gamma_{XY} + \tau_{XZ} \; \gamma_{XZ} + \tau_{YZ} \; \gamma_{YZ}) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

CUYA INTEGRAL SOBRE TODO EL VOLUMEN CORRESPONDE A LA ENERGIA DE FORMACION DEL CUERPO.

PARA BARRAS PRISMATICAS EN UN ESPACIO TRIDIMENSIONAL SOMETIDAS A S ELEMENTOS MECANICOS DE FUERZA NORMAL Y CORTANTE, MOMENTO FLEXIONAN- Y MOMENTO TORSIONANTE, PUEDEN ENCONTRARSE LOS SIGUIENTES VALORES DE ABAJO DE DEFORMACION:

- 1) FUERZA NORMAL.

EL ESFUERZO PRODUCIDO POR UNA FUERZA NORMAL PUEDE EVALUARSE COMO:

$$\sigma_Z = \frac{F}{A} \quad \ldots\ldots\ldots (13)$$

NIENDO EN CUENTA QUE:

$$\mathcal{E}_Z = \frac{\sigma_Z}{E} \quad \ldots\ldots\ldots (14)$$

STITUYENDO (13) Y (14) EN (7A) E INTEGRANDO:

$$W_N = \int_0^L \frac{F^2}{2EA}\, DS \quad \ldots\ldots\ldots (15)$$

- 2) MOMENTO FLEXIONANTE.

TENIENDO EN CUENTA LA FORMULA DE LA ESCUADRIA:

$$\sigma_Z = \frac{M_X}{I_X}\, Y \quad \ldots\ldots\ldots (16)$$

EN DONDE -Y- ES LA DISTANCIA DEL PUNTO DONDE SE CALCULA EL ESFUER- AL EJE NEUTRO, -I- ES EL MOMENTO DE INERCIA DE LA SECCION CON RES- CTO AL EJE -X-, Y -M- ES EL MOMENTO FLEXIONANTE AL QUE SE ENCUENTRA METIDO EL ELEMENTO.

SUSTITUYENDO (13) Y (14) EN (7A), TOMANDO EN CUENTA LA ECUACION
6) E INTEGRANDO SE TIENE:

$$W_{M,X} = \int_0^L \frac{M_X^2}{2\,E\,I_X}\,DS \quad . . . . (17)$$

LA QUE SE HA CONSIDERADO:

$$I_X = \iint_A Y^2\,DA$$

- 3) FUERZA CORTANTE.

EL ESFUERZO PRODUCIDO POR LA FUERZA CORTANTE V(Y) ES:

$$\tau = \frac{V_Y\,Q}{I_X\,B_Y} \quad . . . . (18)$$

DONDE:

= MOMENTO ESTATICO DEL AREA LIMITADA ENTRE LA FIBRA EN
TUDIO Y LA FIBRA MAS ALEJADA DE LA SECCION.
Y) = ANCHO DE LA FIBRA EN ESTUDIO

POR OTRA PARTE SE SABE QUE:

$$\gamma = \frac{\tau}{G} \quad . . . . (19)$$

DONDE "G" ES EL MODULO DE ELASTICIDAD TRANSVERSAL.

SUSTITUYENDO (18) Y (19) EN (11), INTEGRANDO Y TOMANDO CUENTA LA RELACION:

$$I_X = A \rho^2$$

DONDE ES EL RADIO DE GIRO DE LA SECCIÓN, SE TIENE:

$$W_{V,Y} = \int_0^L DS \iint_A \frac{Q^2}{\rho^2 I_X B_Y^2} \frac{V_Y^2}{2GA} DA\, DS \quad \ldots\ldots (20)$$

IGNANDO A -K- (COEFICIENTE DE FORMA) COMO:

$$K = \iint_A \frac{Q^2}{\rho^2 I_X B_Y^2} DA$$

LA ECUACION (20) SE PUEDE EXPRESAR COMO:

$$W_{V,Y} = \int_0^L K \frac{V_Y^2}{2GA} DS$$

- 4) MOMENTO TORSIONANTE.

PARA ELEMENTOS CON SECCIONES CIRCULARES O ANULARES, UN MOMENTO RSIONANTE M<Z> PRODUCE ESFUERZOS TANGENCIALES CON UN VALOR DE:

$$\tau = \frac{M_Z}{J} R \quad \ldots\ldots\ldots (22)$$

DONDE:

= MOMENTO POLAR DE INERCIA

= DISTANCIA DEL CENTRO DE LA SECCION AL PUNTO DE ESTUDIO

TENIENDO EN CUENTA QUE:

$$J = \iint_A R^2 \; DA \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

SUSTITUYENDO (22) Y (23) EN (11) E INTEGRANDO:

$$W_{N,Z} = \int_0^L \frac{M_Z^2}{2\ G\ J} \; DS \quad \ldots\ldots \quad (24)$$

RA SECCIONES NO CIRCULARES O ANULARES, PUEDE REEMPLAZARSE A -J- POR M) CON UN VALOR PARA SECCIONES RECTANGULARES ALARGADAS IGUAL A:

$$J_M = \frac{1}{3} \; B \; T^3$$

DONDE:

= LADO MAYOR DE DIMENSION

= LADO DE MENOR DIMENSION

PARA UNA BARRA SUJETA A LOS SEIS ELEMENTOS MECANICOS, EL CALCULO ENERGIA DEFORMACION ESTA DADO POR:

$$W = \int_0^L \frac{N^2}{2\ E\ A} \; DS + \int_0^L \frac{V_X^2}{2\ G\ A} \; K \; DS + \int_0^L \frac{V_Y^2}{2\ G\ A} \; K' \; DS +$$

$$\int_0^L \frac{M_X^2}{2\,E\,I_X}\,DS + \int_0^L \frac{M_Y^2}{2\,E\,I_Y}\,DS + \int_0^L \frac{M_Z^2}{2\,G\,J_M}\,DS \quad ..(25)$$

TRABAJO VIRTUAL.

EL PRINCIPIO DE TRABAJO VIRTUAL ENUNCIADO POR J. BERNOULLI ESTA- ECE QUE SI UN SISTEMA DE FUERZAS QUE ACTUA SOBRE UN CUERPO RIGIDO ES- EN EQUILIBRIO CUANDO AL CUERPO SE LE DA UN PEQUE#O DESPLAZAMIENTO RTUAL, EL TRABAJO TOTAL REALIZADO POR ESTAS FUERZAS ES IGUAL A CERO. VERSAMENTE, SI EL TRABAJO REALIZADO POR UN SISTEMA DE FUERZAS QUE AC- A SOBRE UN CUERPO RIGIDO DURANTE UN PEQUE#O DESPLAZAMIENTO VIRTUAL ES SPRECIABLE, ENTONCES EL SISTEMA DE FUERZAS ESTA EN EQUILIBRIO. LA PA- BRA VIRTUAL INDICA QUE LA ACCION QUE PRODUCE EL DESPLAZAMIENTO ES IN- PENDIENTE DEL SISTEMA DE FUERZAS ORIGINAL.

EN EL CASO DE CUERPOS ELASTICOS, EL PRINCIPIO DE TRABAJO VIRTUAL TABLECE QUE SI UN CUERPO DEFORMABLE ESTA EN EQUILIBRIO BAJO LA ACCION UN SISTEMA DE FUERZAS, Y PERMANECE EN EQUILIBRIO AL SOMETER AL CUER- A UN PEQUE#O DESPLAZAMIENTO VIRTUAL, EL TRABAJO VIRTUAL EXTERIOR RE- IZADO POR EL SISTEMA DE FUERZAS EXTERNAS ACTUANDO SOBRE EL CUERPO, ES UAL AL TRABAJO DE DEFORMACION VIRTUAL REALIZADO POR LAS FUERZAS IN- RNAS.

EL PRINCIPIO DEL TRABAJO VIRTUAL OCUPA UN PAPEL IMPORTANTE EN EL SARROLLO DEL METODO DE RIGIDECES YA QUE PERMITE RELACIONAR LA ACCION FUERZAS EXTERNAS Y DESPLAZAMIENTOS NODALES CON LAS FUERZAS INTERNAS LOS ELEMENTOS. JUNTO CON EL PRINCIPIO DE LA ENERGIA DE DEFORMACION, TE PRINCIPIO ES FUNDAMENTAL EN LA DEDUCCION DE LOS TEOREMAS DE CASTI- IANO.

TEOREMAS DE CASTIGLIANO.

CONSIDERESE UN SISTEMA ELASTICO CON TEMPERATURA CONSTANTE Y APOYOS
RMES. LA VARIACION DE LA ENERGIA DE DEFORMACION DEL SISTEMA ES UNA
NCION DE LAS CARGAS APLICADAS, E IGUAL AL TRABAJO EXTERNO REALIZADO
R LAS FUERZAS EXTERNAS.

$$U = W = \psi (P_1, P_2, P_3, \ldots\ldots P_N) \ldots\ldots (26)$$

EL CAMBIO DE LA ENERGIA DE DEFORMACION POR UNA PEQUE#A VARIACION DE ALGUNA DE ESTAS FUERZAS, COMO P<I>, SERA IGUAL A:

$$\frac{\partial U}{\partial P_I} \, Dp_I$$

LA NUEVA ENERGIA DE DEFORMACION TENDRA UN VALOR IGUAL AL NUEVO
ABAJO EXTERNO -W'-.

$$U' = U + \frac{\partial U}{\partial P_I} DP_I = W' \ldots\ldots\ldots (27)$$

SI LA SECUENCIA DE APLICACION DE LAS CARGAS SE INVIERTE, SEGUN EL
INCIPIO DE SUPERPOSICION, LOS TRABAJOS TOTALES INTERNOS Y EXTERNOS
GUIRAN SIENDO LOS MISMOS. EN CASO DE QUE DP<I> ACTUARA COMO UNA CARGA
RTUAL, LA MAGNITUD DEL TRABAJO VIRTUAL SERA DP<I>Δ<I> SIENDO Δ<I> EL
SPLAZAMIENTO DEL PUNTO -I- EN LA DIRECCION DE P<I> OCASIONADO POR EL
STEMA DE FUERZAS -P-. EL TRABAJO TOTAL DEL SISTEMA SERA:

$$W' = W + DP_I \, \Delta_I \ldots\ldots (28)$$

UALANDO LA ECUACION (27) CON (28) SE ENCUENTRA QUE:

$$\frac{\partial U}{\partial P_I} = \Delta_I \quad \ldots\ldots\ldots \quad (29)$$

ESTA IGUALDAD PERTENECE AL TRABAJO PUBLICADO POR A. CASTIGLIANO Y RRESPONDE A LA SEGUNDA DE DOS PARTES DE SU ESTUDIO REALIZADO SOBRE LA RIACION DE ENERGIA DE DEFORMACION DE SISTEMAS ELASTICOS.

DE FORMA ANALOGA, EL CAMBIO EN LA ENERGIA DE DEFORMACION DE UN STEMA EN EL QUE EL TRABAJO TOTAL INTERNO Y EL TRABAJO TOTAL EXTERNO N RESPECTIVAMENTE -U- Y -W- Y EN EL QUE Δ_I CAMBIA EN UNA PEQUE#A NTIDAD $D\Delta_I$, ES:

$$\frac{\partial U}{\partial \Delta_I} D\Delta_I \quad \ldots\ldots\ldots \quad (30)$$

UNICA FUERZA EXTERNA QUE REALIZA TRABAJO DURANTE EL CAMBIO ES P_I, ENDO LA MAGNITUD DE ESTE $P_I\, D\Delta_I$, YA QUE LOS DEMAS DESPLAZAMIENTO RMANECEN INVARIANTES. IGUALANDO LAS NUEVAS ENERGIAS INTERNA Y EXTERNA L SISTEMA SE TIENE:

$$W' = U' = U + \frac{\partial U}{\partial \Delta_I} D\Delta_I \quad \ldots\ldots\ldots \quad (31)$$

DONDE SE OBTIENE EL PRIMER TEOREMA DE CASTIGLIANO:

$$\frac{\partial U}{\partial \Delta_I} = P_I \quad \ldots\ldots\ldots \quad (32)$$

LOS TEOREMAS DE CASTIGLIANO SERAN DE GRAN IMPORTANCIA PARA DETER-
MAR LOS COEFICIENTES DE LAS MATRICES DE FLEXIBILIDAD Y RIGIDEZ DE UNA
TRUCTURA.

TEOREMA DE LAS DEFLEXIONES RECIPROCAS DE MAXWELL Y BETTI.

CONSIDERESE A UN CUERPO LINEALMENTE ELASTICO EN EQUILIBRIO BAJO LA
CION DE UN SISTEMA DE CARGAS P<M>. SI SE APLICA OTRO SISTEMA DE CAR-
S P<N> AL CUERPO MIENTRAS P<M> PERMANECE PRESENTE, EL TRABAJO TOTAL
ALIZADO SERA:

$$W = \sum \frac{1}{2} P_M \Delta_{MM} + \sum P_M \Delta_{MN} + \sum \frac{1}{2} P_N \Delta_{NN} \quad \ldots \quad (33)$$

DONDE _<MN> REPRESENTA LA DEFLEXION DEL PUNTO DE APLICACION DE UNA
LAS FUERZAS P<M> (EN DIRECCION DE ESTA FUERZA) CAUSADA POR EL SISTE-
DE FUERZAS F<N>.

EL PRIMERO Y EL ULTIMO TERMINO REPRESENTAN AL TRABAJO REAL REALI-
DO POR LAS FUERZAS P<M> Y P<N> RESPECTIVAMENTE. EL TERMINO INTERME-
O, REPRESENTA EL TRABAJO VIRTUAL REALIZADO POR LAS FUERZAS P<M> DU-
NTE LAS DEFORMACIONES ORIGINADAS POR LAS FUERZAS P<N>. SI SE INVIERTE
SECUENCIA DE LAS CARGAS, EL TRABAJO TOTAL EXTERNO REALIZADO SERA:

$$W = \sum \frac{1}{2} P_N \Delta_{NN} + \sum P_N \Delta_{MN} + \sum \frac{1}{2} P_M \Delta_{MN}$$

DE ACUERDO CON EL PRINCIPIO DE SUPERPOSICION, EL TRABAJO TOTAL EX-
RNO REALIZADO POR ESTAS FUERZAS DURANTE CUALQUIERA DE LAS SECUENCIAS
CARGA SERA EL MISMO, POR LO QUE IGUALANDO LAS ECUACIONES (33) Y (34)
OBTIENE:

$$\sum P_M \Delta_{MN} = \sum P_N \Delta_{NN}$$

ESTA IGUALDAD SE CONOCE COMO EL TEOREMA DE RECIPROCIDAD DE BETTI, CUAL ESTABLECE QUE EL TRABAJO REALIZADO POR UN SISTEMA DE FUERZAS M> DURANTE LA DEFORMACION OCASIONADA POR OTRO SISTEMA DE FUERZAS P<N> IGUAL AL TRABAJO REALIZADO POR LAS FUERZAS P<N> DURANTE LAS DEFORMA- ONES ORIGINADAS POR LAS FUERZAS P<M>. EN CASO DE QUE P<M> Y P<N> NSTEN DE UNA SOLA FUERZA DE LA MISMA MAGNITUD PERO NO NECESARIAMENTE LA MISMA DIRECCION, LA ECUACION (35) SE REDUCE A:

$$\Delta_{MN} = \Delta_{NM}$$

IGUALDAD CONOCIDA COMO LA LEY DE LAS DEFLEXIONES RECIPROCAS DE XWELL Y ESTABLECE QUE LA DEFLEXION DEL PUNTO -M- DEBIDA A UNA FUERZA - APLICADA EN EL PUNTO -N-, ES NUMERICAMENTE IGUAL A LA DEFLEXION DEL NTO -N- DEBIDA A LA FUERZA -P- APLICADA EN EL PUNTO "M" (LO QUE EX- ICA EL HECHO DE QUE LAS MATRICES DE RIGIDEZ Y FLEXIBILIDAD SEAN SIME- ICAS)

NOTAS ADICIONALES SOBRE ESFUERZO Y DEFORMACION.

CUANDO UN CUERPO DEFORMABLE SE SOMETE A EFECTOS EXTERNOS, EN TODAS S PARTES DE EL SE DESARROLLAN ESFUERZOS Y DEFORMACIONES. LOS ESFUER- S SE DEFINEN COMO LAS FUERZAS INTERNAS POR UNIDAD DE AREA. LAS DEFOR- CIONES SE DEFINEN COMO LOS CAMBIOS DE FORMA DE UNIDAD EN EL CUERPO UBO). DICHO CAMBIO SOLO PUEDE OBSERVARSE DE DOS MANERAS: EL CAMBIO EN LONGITUD Y EL CAMBIO EN SUS ANGULOS. LAS PRIMERAS DEFORMACIONES SON AMADAS LINEALES Y SE DESIGNAN POR LA LETRA ϵ, LAS SEGUNDAS CORRESPON-

A DEFORMACIONES POR ESFUERZO CORTANTE Y SON DESIGNADAS POR LA LETRA

LA LEY DE HOOKE ESTABLECE LAS RELACIONES ENTRE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES:

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \qquad \gamma = \frac{\tau}{G}$$

EN DONDE LAS CONSTANTES -E- Y -G- SE CONOCEN COMO LOS MODULOS DE ELASTICIDAD DE YOUNG Y DE RIGIDEZ AL CORTANTE, RESPECTIVAMENTE.

TANTO UNA FUERZA INTERNA, COMO UNA FUERZA GENERALIZADA EN EL ESPACIO TRIDIMENSIONAL, PUEDEN CUANDO MAXIMO TENER SEIS COMPONENTES: TRES LINEALES Y TRES ANGULARES. A CAUSA DE LAS SIMILITUDES EN SUS EFECTOS, LAS SEIS COMPONENTES PUEDEN AGRUPARSE EN CUATRO: AXIAL -F-, CORTANTE -V-, FLEXION -M- Y TORSION -T-. -μ-, -ν-, -θ- Y -ϕ-, REPRESENTAN LOS DESPLAZAMIENTOS EN LAS DIRECCIONES -F-, -V-, -M- Y -T- EN UN EXTREMO DEL ELEMENTO QUE RESULTAN DE LA APLICACION DE ESTAS FUERZAS EN EL MISMO EXTREMO.

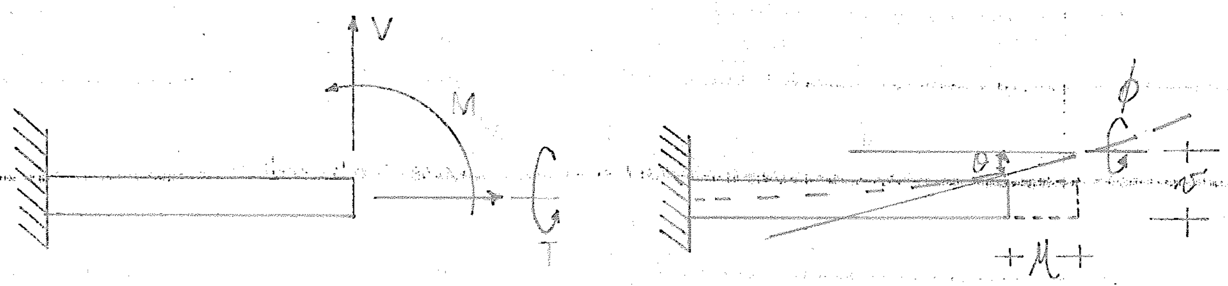


FIGURA 6

A CONTINUACION SE ESTABLECE LA RELACION DE ESTOS DOS CONJUNTOS DE ERZAS A PARTIR DE LOS CONCEPTOS DE ENERGIA DE DEFORMACION TRABAJO RTUAL Y LOS TEOREMAS DE CASTIGLIANO.

COMO SE HA DEMOSTRADO CON ANTERIORIDAD, LA ENERGIA DE DEFORMACION UN CUERPO SUJETO A ESTAS CUATRO FUERZAS SERIA:

$$= \int_0^L \frac{F^2}{2EA} D_X + \int_0^L \frac{V^2}{2GA} D_X + \int_0^L \frac{(M+VX)^2}{2EI} D_X + \int_0^L \frac{T^2}{2GJ} D_X$$

RO POR EL SEGUNDO TEOREMA DE CASTIGLIANO SE SABE QUE:

$$\mu = \frac{\partial U}{\partial F} \qquad \nu = \frac{\partial U}{\partial V} \qquad \theta = \frac{\partial U}{\partial M} \qquad \phi = \frac{\partial U}{\partial T}$$

STITUYENDO E INTEGRANDO:

$$\mu = \int_0^L \frac{2F}{2EA} \frac{\partial F}{\partial F} D_X = \frac{FL}{EA}$$

$$= \int_0^L \frac{2V}{2GA} \frac{\partial V}{\partial V} D_X + \int_0^L \frac{2(M+VX)}{2EI} X D_X = \frac{VL}{GA} + \frac{VL^3}{3EI} + \frac{ML^2}{2EI}$$

$$\theta = \int_0^L \frac{2(M+VX)}{2EI} D_X = \frac{ML}{EI} + \frac{VL^2}{2EI}$$

$$\phi = \int_0^L \frac{2T}{2GJ} D_X = \frac{TL}{GJ}$$

EN EL CALCULO DEL DESPLAZAMIENTO EN DIRECCION -V-, LA CONTRIBUCION LA DEFORMACION POR ESFUERZOS CORTANTES (PRIMER TERMINO) ES COMUNMEN- DESPRECIABLE EN RELACION A LAS OTRAS DOS.

EXPRESANDO LAS ANTERIORES RELACIONES EN TERMINOS MATRICIALES Y SIDERANDO LAS OTRAS DOS COMPONENTES POSIBLES DE CORTANTE Y FLEXION, DE ESCRIBIRSE EL SISTEMA:

$$
\begin{vmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \\ \theta X \\ \theta Y \\ \theta Z \end{vmatrix}
=
\begin{vmatrix}
\frac{L}{EA} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & \frac{L^3}{3EI_Z} & 0 & 0 & 0 & \frac{L^2}{2EI_Z} \\
0 & 0 & \frac{L^3}{3EI_Y} & 0 & \frac{L^2}{2EI_Y} & 0 \\
0 & 0 & 0 & \frac{L}{GJ} & 0 & 0 \\
0 & 0 & \frac{L^2}{2EI_Y} & 0 & \frac{L}{EI_Y} & 0 \\
0 & \frac{L^2}{2EI_Z} & 0 & 0 & 0 & \frac{L}{EI_Z}
\end{vmatrix}
\begin{vmatrix} P_X \\ P_Y \\ P_Z \\ M_X \\ M_Y \\ M_Z \end{vmatrix}
\quad \ldots\ldots\ldots (35)
$$

LA MATRIZ DEL SISTEMA ANTERIOR, RECIBE EL NOMBRE DE MATRIZ DE FLE- BILIDADES DE UN ELEMENTO.

METODO DE RIGIDEZ.

CONSIDERESE A UN CUERPO ELASTICO SOMETIDO A UN CONJUNTO DE FUERZAS IT> APLICADAS EN FORMA CUASILINEAL. SI Δ<IT> REPRESENTA EL DESPLAZA- ENTO DELPUNTO -I- EN EL INSTANTE -T- EN DIRECCION DE P<IT>, Y P<I> Y

I> SON REPECTIVAMENTE LOS VALORES DE LAS CARGAS Y DESPLAZAMIENTOS UNA
Z QUE HA TERMINADO EL PROCESO DE CARGA; EL TRABAJO REALIZADO POR EL
STEMA DURANTE LA DEFORMACION DEL CUERPO SERA:

$$= 1/2 \left(P_1 \Delta_1 + P_2 \Delta_2 + P_3 \Delta_3 + \dots \dots + P_N \Delta_N \right) \quad \dots (36)$$

?

E ES A SU VEZ IGUAL A LA ENERGIA DE DEFORMACION DEL CUERPO.

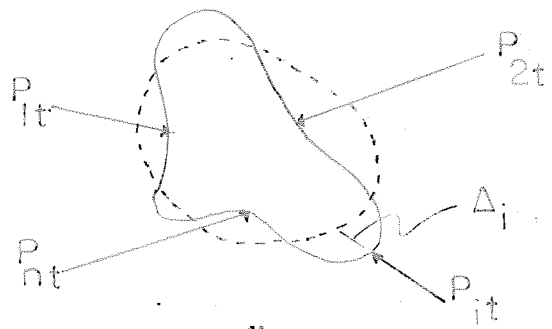


FIGURA 7

SE INTRODUCE UNA PEQUEÑA VARIACION A UNO DE LOS DESPLAZAMIENTOS, POR
EMPLO A Δ<I>, LA VARIACION DE LA ENERGIA DE DEFORMACION CON RESPECTO
Δ<I> SERA:

$$\frac{\partial U}{\partial \Delta_I} = \frac{1}{2} \left[\frac{\partial P_1}{\partial \Delta_I} \Delta_1 + \frac{\partial P_2}{\partial \Delta_I} \Delta_2 + \dots + \frac{\partial P_N}{\partial \Delta_I} \Delta_N + P_I \right] \quad \dots (37)$$

CONSIDERANDO EL PRIMER TEOREMA DE CASTIGLIANO (ECUACION (32))
E LA ECUACION (37), SE OBTIENE:

$$P_I = \frac{\partial P_1}{\partial \Delta_I} \Delta_1 + \frac{\partial P_2}{\partial \Delta_I} \Delta_2 + \dots + \frac{\partial P_N}{\partial \Delta_I} \Delta_N \quad \dots (38)$$

LA ECUACION (38) PUEDE ESCRIBIRSE MATRICIALMENTE COMO:

$$
\begin{vmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_N \end{vmatrix}
=
\begin{vmatrix}
\dfrac{\partial P_1}{\partial \Delta_1} & \dfrac{\partial P_2}{\partial \Delta_1} & \cdots\cdots & \dfrac{\partial P_N}{\partial \Delta_1} \\
\dfrac{\partial P_1}{\partial \Delta_2} & \dfrac{\partial P_2}{\partial \Delta_2} & \cdots\cdots & \dfrac{\partial P_N}{\partial \Delta_2} \\
\cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\
\dfrac{\partial P_1}{\partial \Delta_1} & \dfrac{\partial P_2}{\partial \Delta_2} & \cdots\cdots & \dfrac{\partial P_N}{\partial \Delta_N}
\end{vmatrix}
\begin{vmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \cdot \\ \Delta_N \end{vmatrix}
\qquad \ldots\ldots\ldots (39)
$$

DE ACUERDO AL PRIMER TEOREMA DE CASTIGLIANO:

$$
\frac{\partial P_I}{\partial \Delta_J} = \frac{(\partial U / \partial \Delta_I)}{\partial \Delta_J} = \frac{\partial U^2}{\partial \Delta_J \, \partial \Delta_I}
$$

$$
\frac{\partial P_J}{\partial \Delta_I} = \frac{(\partial U / \partial \Delta_J)}{\partial \Delta_I} = \frac{\partial U^2}{\partial \Delta_I \, \partial \Delta_J}
$$

$$
\frac{\partial P_I}{\partial \Delta_J} = \frac{\partial P_J}{\partial \Delta_I}
$$

LO QUE INDICA QUE LA MATRIZ CUADRADA DE LA ECUACION (39) ES
NA MATRIZ SIMETRICA Y POR TANTO SE PUEDE REESCRIBIR COMO:

$$\begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \cdot \\ P_N \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{\partial P_1}{\partial \Delta_1} & \dfrac{\partial P_1}{\partial \Delta_2} & \cdots & \dfrac{\partial P_1}{\partial \Delta_N} \\ \dfrac{\partial P_2}{\partial \Delta_1} & \dfrac{\partial P_2}{\partial \Delta_2} & \cdots & \dfrac{\partial P_2}{\partial \Delta_N} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \dfrac{\partial P_N}{\partial \Delta_1} & \dfrac{\partial P_N}{\partial \Delta_2} & \cdots & \dfrac{\partial P_N}{\partial \Delta_N} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \\ \cdot \\ \Delta_N \end{Bmatrix} \quad \ldots\ldots \quad (40)$$

EL PRIMER MIEMBRO DE ESTA ECUACION REPRESENTA LAS FUERZAS EXTERNAS LICADAS AL SISTEMA (INCLUYENDO REACCIONES). LA MATRIZ CUADRADA DE RMINOS DE LA FORMA - P<I>/∂△<J>-, DENOMINADA MATRIZ DE RIGIDEZ, RE- ESENTA LA VARIACION DE P<I> CON RESPECTO A △<J> MIENTRAS LOS DEMAS - PERMANECEN CONSTANTES, ES DECIR LA FUERZA REQUERIDA EN EL PUNTO -I- RA MANTENER AL CUERPO EN EQUILIBRIO CUANDO UN DESPLAZAMIENTO UNITARIO EL PUNTO -J- ES INTRODUCIDO. EL VECTOR QUE POSMULTIPLICA LA MATRIZ ADRADA REPRESENTA LOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS PUNTOS NODALES, ALGUNOS LOS CUALES SON CONOCIDOS (I.E. APOYOS) Y OTROS DESCONOCIDOS.

SI SE INTRODUCE UN PEQUEÑO DESPLAZAMIENTO ∂△<I> EN EL PUNTO -I- ENTRAS TODOS LOS DEMAS PUNTOS EN DONDE SE APLICAN CARGAS SE LES IMPI- DESPLAZARSE, PUEDE OBSERVARSE QUE DE ACUERDO A LA ECUACION (40), LA ERZA REQUERICA PARA INTRODUCIR TAL DESPAZAMIENTO EN -I- Y PARA MANTE- R A LOS DEMAS PUNTOS EN SU LUGAR SERA:

$$P_1 = \frac{\partial P_1}{\partial \Delta_I} \Delta_I \qquad P_2 = \frac{\partial P_2}{\partial \Delta_I} \Delta_I \qquad \cdot \cdot \cdot \cdot \qquad P_N = \frac{\partial P_N}{\partial \Delta_I} \Delta_I$$

NTICAS A LA I-ESIMA COLUMNA DE LA MATRIZ CUADRADA. ASIGNANDO A:

$$K_{IJ} = \frac{\partial P_I}{\partial \Delta_J}$$

ECUACION (40) SE PUEDE ESCRIBIR COMO:

$$\begin{vmatrix} P[1] \\ P[2] \\ \vdots \\ P[N] \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} K[11] & K[12] & K[13] \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot & K[1N] \\ K[21] & K[22] & K[23] \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot & K[2N] \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ K[N1] & K[N2] & K[N3] \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot & K[NN] \end{vmatrix} \quad \begin{vmatrix} \Delta[1] \\ \Delta[2] \\ \vdots \\ \Delta[3] \end{vmatrix}$$

. . . . . (41)

MISMA QUE EN FORMA COMPACTA PUEDE EXPRESARSE COMO:

$$P[\,] = K[\,]\ \Delta[\,] \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (42)$$

EN DONDE:

P[] = VECTOR DE FUERZAS

K[] = MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA

Δ[] = VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS GENERALIZADOS DE LOS NUDOS

DEBE TENERSE EN CUENTA QUE CADA ELEMENTO DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ LA ECUACION (42) ES A SU VEZ UNA SUBMATRIZ CUYO ORDEN DEPENDE DEL

ERO DE DIRECCIONES EN LAS QUE PUEDEN SER INTRODUCIDOS DESPLAZAMIEN- UNITARIOS EN LOS EXTREMOS DE UN ELEMENTO. EN EL CASO MAS GENERAL FACIO TRIDIMENSIONAL), LOS DESPLAZAMIENTOS PUEDEN POSEER TRES COMPO- TES LINEALES Y TRES COMPONENTES ROTACIONALES, EN CUYO CASO, LA MA- Z DE RIGIDEZ DE BARRA K[] ESTA CONSTITUIDA POR SEIS RENGLONES Y SEIS UMNAS.

LOS ELEMENTOS K[IJ] FUERA DE LA DIAGONAL PRINCIPAL, REPRESENTAN FUERZAS EN EL EXTREMO -I- DE LA BARRA -IJ- REQUERIDAS PARA PRODUCIR DESPLAZAMIENTO UNITARIO EN EL EXTREMO -J- Y SON LLAMADOS RIGIDEZ DE RA; LOS ELEMENTOS DE LA DIAGONAL PRINCIPAL K[II], REPRESENTAN LAS RZAS REQUERIDAS EN EL NUDO -I- PARA PRODUCIRLE A ESTE UN DESPLAZA- NTO UNITARIO, Y SE LES DENOMINA RIGIDEZ DE NUDO. LAS PRIMERAS SON CIONES DE LAS PROPIEDADES GEOMETRICAS (-A-, -I-, -L-) Y ELASTICAS -, -G-, -J-) QUE TENGA CADA UNO DE LOS ELEMENTOS, MIENTRAS QUE LA IDEZ NODAL DEPENDERA DE LAS RIGIDECES QUE EN CONJUNTO POSEAN AQUE- S ELEMENTOS QUE A EL CONCURREN.

SISTEMAS COORDENADOS DE REFERENCIA.

PARA RESOLVER LA ECUACION MATRICIAL DE RIGIDEZ DADA POR LA EXPRE- N (42) SERA NECESARIO QUE TANTO LAS FUERZAS COMO LAS RIGIDECES Y LOS PLAZAMIENTOS ESTEN EXPRESADOS EN UN MISMO SISTEMA COORDENADO DE RE- RENCIA. DICHO SISTEMA RECIBE EL NOMBRE DE SISTEMA GENERAL O GLOBAL. OBSTANTE PUEDEN REFERIRSE CARACTERISTICAS PARTICULARES DE CADA UNA LAS BARRAS A UN SISTEMA PROPIO LLAMADO SISTEMA LOCAL.

POR RAZONES DE FACILIDAD EN EL CALCULO, LAS MATRICES DE RIGIDEZ DE RRA NECESARIAS PARA REALIZAR EL ENSAMBLAJE DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE ESTRUCTURA, SERAN CALCULADAS EN EL SISTEMA LOCAL CORRESPONDIENTE A

A ELEMENTO Y FINALMENTE SERAN REFERIDOS MEDIANTE TRANSFORMACIONES DE
RDENADAS AL SISTEMA GLOBAL.

EL RESULTADO FINAL DEL ANALISIS PERMITIRA CONOCER LAS FUERZAS IN-
RNAS DESARROLLADAS EN LOS EXTREMOS DE LOS ELEMENTOS. NO OBSTANTE, DI-
S FUERZAS ESTARAN EXPRESADAS EN EL SISTEMA GLOBAL (DE LA MISMA FORMA
QUE ESTA REFERIDA LA ECUACION MATRICIAL (42) DE CUYOS RESULTADOS
VIENEN), POR LO QUE NO REPRESENTARAN NECESARIAMENTE FUERZA AXIAL,
RZA CORTANTE O MOMENTO DE FLEXION PARA ESE ELEMENTO, LO QUE HACE NE-
ARIO REALIZAR UNA NUEVA TRANSFORMACION DE COORDENADAS CON EL OBJETO
RELACIONAR TALES VALORES PRACTICOS CON LAS COMPONENTES DE LOS EXTRE-
DE LOS ELEMENTOS.

EN EL ANALISIS ESTRUCTURAL, EL TIPO Y ORIENTACION DE LOS SISTEMAS
RTESIANOS PUEDEN DEFINIRSE EN MAS DE UNA FORMA. SIN EMBARGO, PARTICU-
RMENTE EN ESTE ESTUDIO, SE HA ELEGIDO UN SISTEMA EN EL ESPACIO DE DOS
RES DIMENSIONES QUE CUMPLEN CON LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:

A) TANTO EL SISTEMA GLOBAL COMO EL LOCAL DE COORDENADAS, SON SIS-
MAS CARTESIANOS ORTOGONALES DEXTROGIROS.

B) EL SISTEMA LOCAL ESTA ORIENTADO DE TAL FORMA QUE EN TODAS LAS
RUCTURAS, (A EXCEPCION DE ALGUNOS MARCOS RIGIDOS TRIDIMENSIONALES)
NCIDE CON LOS EJES PRINCIPALES, ES DECIR, CON AQUELLOS EN LOS QUE EL
DUCTO INTERNO ES NULO, O SEA I<XY> = I<XZ> = I<YZ> = 0 Y PARA LOS
LES EL EJE -X- COINCIDE CON EL EJE CENTROIDAL DEL ELEMENTO.

C) EL EJE LOCAL -X- REPRESENTA LA DIRECCION DE LA TENSION

D) EL EJE -Y- ES PERPENDICULAR AL EJE -X- Y CUANDO GIRA 90 GRADOS
EL SENTIDO DEL MOVIMIENTO DE LAS AGUJAS DEL RELOJ, SE IDENTIFICA CON
EJE -X-.

E) EL EJE LOCAL -Z- ES PERPENDICULAR AL PLANO -XY- Y SU DIRECCION
TA DETERMINADA POR LA REGLA DE LA MANO DERECHA.

RIGIDEZ DE BARRA.

COMO SE HA MENCIONADO CON ANTERIORIDAD [ECUACION (40)], LA RIGIDEZ
BARRA _K[] DE UN MIEMBRO DE LA ESTRUCTURA PUEDE CALCULARSE COMO P /_
INTRODUCIR DESPLAZAMIENTOS UNITARIOS EN LOS EXTREMOS DE LOS ELEMEN-
S. EN UNA BARRA CON EXTREMOS -I-, -J-, PUEDEN SER INTRODUCIDOS INDE-
NDIENTEMENTE DOS DESPLAZAMIENTOS UNITARIOS (UNO EN CADA EXTREMO), PA-
CADA UNO DE LOS CUALES EXISTEN DOS RELACIONES FUERZA-DESPLAZAMIENTO
E DETERMINAN LA SIGUIENTE ECUACION MATRICIAL:

$$\begin{bmatrix} \_P[IJ] \\ \hline \_P[JI] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \_K[II:J] & \_K[IJ] \\ \hline \_K[JI] & \_K[JJ:I] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta[IJ] \\ \hline \delta[JI] \end{bmatrix} \quad \ldots (43)$$

EN DONDE:

A) _K[IJ] : ES DENOMINADA MATRIZ DE RIGIDEZ CRUZADA Y RELACIONA LA
ERZA APLICADA EN EL EXTREMO -I- DE LA BARRA -IJ- CON EL DESPLAZAMIEN-
QUE ORIGINA EN EL EXTREMO -J-.

B) _K[II:J] : ES DENOMINADA MATRIZ DE RIGIDEZ DIRECTA Y RELACIONA
FUERZA APLICADA EN EL EXTREMO -I- DE LA BARRA -IJ- CON EL DESPLAZA-
ENTO QUE LE ORIGINA EN DICHO EXTREMO.

C) _K[JI] : ES DENOMINADA MATRIZ DE RIGIDEZ CRUZADA Y RELACIONA LA
ERZA APLICADA EN EL EXTREMO -J- DE LA BARRA -IJ- CON EL DESPLAZAMIEN-
QUE ORIGINA EN EL NUDO -I-.

D) _K[JJ:I] : ES DENOMINADA MATRIZ DE RIGIDEZ DIRECTA Y RELACIONA
FUERZA APLICADA EN EL EXTREMO -J- DE LA BARRA -IJ- CON EL DESPLAZA-
ENTO QUE LE ORIGINA EN DICHO EXTREMO.

LA ECUACION (43) ES LLAMADA ECUACION MATRICIAL DE RIGIDEZ DE UN
EMENTO PRISMATICO EN EL SISTEMA DE COORDENADAS LOCALES. DICHA ECUA-

ON INDICA QUE LAS FUERZAS INTERNAS DESARROLLADAS EN LOS EXTREMOS -I- -J- DE UN ELEMENTO -IJ- SIN CARGAS EXTERNAS SOBRE EL, CUANDO LOS NU- S -I- Y -J- SUFREN UN DESPLAZAMIENTO DE MAGNITUD [IJ] Y [JI] SON RES- CTIVAMENTE:

$$\_P[IJ] = \_K[II:J]\delta[IJ] + \_K[IJ]\delta[JI]$$

$$\_P[JI] = \_K[JI]\delta[IJ] + \_K[JJ:I]\delta[JI]$$

DE ACUERDO CON EL TEOREMA DE LAS DEFLEXIONES RECIPROCAS DE MAXWELL BETTI, LAS MATRICES DE RIGIDEZ CRUZADA _K[IJ] Y _K[JI] SON IDENTICAS. CHAS MATRICES PUEDEN CALCULARSE COMO LA INVERSA DE LA MATRIZ DE FLE- BILIDADES [ECUACION (35)] QUE FUE DEFINIDA A PARTIR DEL CONCEPTO DE ERGIA DE DEFORMACION. DE FORMA ANALOGA PUEDEN OBTENERSE LAS MATRICES RIGIDEZ DIRECTA _K[II:J] Y _K[JJ:I] LO QUE PERMITE EXPRESAR A LA UACION (43) COMO:

$$
= \left[\begin{array}{cccccc|cccccc}
\frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & \frac{12EI_z}{L^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI_z}{L^2} & 0 & \frac{12EI_z}{L^3} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI_z}{L^2} \\
0 & 0 & \frac{12EI_y}{L^3} & 0 & \frac{6EI_y}{L^2} & 0 & 0 & 0 & -\frac{12EI_y}{L} & 0 & -\frac{6EI_y}{L} & 0 \\
0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 \\
0 & 0 & \frac{6EI_y}{L^2} & 0 & \frac{4EI_y}{L} & 0 & 0 & 0 & -\frac{6EI}{L} & 0 & -\frac{2EI}{L} & 0 \\
0 & -\frac{6EI_z}{-} & 0 & 0 & 0 & \frac{4EI_z}{L} & 0 & -\frac{6EI_z}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{2EI_z}{L} \\
\hline
 & & & \text{LO MISMO} & & & & & & \text{LO MISMO} & &
\end{array} \right]
\begin{Bmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \delta_4 \\ \delta_5 \\ \delta_6 \\ \delta \\ \delta \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \delta \end{Bmatrix}
$$

CUANDO UN ELEMENTO ESTRUCTURAL NO TENGA SEIS GRADOS DE LIBERTAD,
RAN SER ELIMINADAS LAS COLUMNAS Y RENGLONES DE LA ECUACCION (44) QUE
RRESPONDAN A LAS DIRECCIONES EN LAS QUE LOS DESPLAZAMIENTOS SE EN-
NTRAN RESTRINGIDOS, DE TAL FORMA QUE PARA:

A) ARMADURAS PLANAS Y EN EL ESPACIO: CONSTITUIDAS POR ELEMENTOS
ELTOS UNIDOS ENTRE SI MEDIANTE PASADORES SIN ROZAMIENTO Y CARGAS EX-
NAS APLICADAS EXCLUSIVAMENTE SOBRE LOS NUDOS, LA ECUACION MATRICIAL
) QUEDARA REDUCIDA A:

$$P = (E A / L) \delta_1 \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (45)$$

LO QUE INDICA QUE LOS ELEMENTOS PERTENECIENTES A ESTOS TIPOS DE
RUCTURAS SOLO ESTAN SUJETOS A ESFUERZOS AXIALES.

B) MARCOS PLANOS: CONSTITUIDOS POR ELEMENTOS PRISMATICOS CONECTA-
ENTRE SI MEDIANTE UNIONES NO ARTICULADAS EN LA QUE TANTO LA ESTRUC-
A COMO LAS FUERZAS EXTERNAS A LAS QUE SE LE SOMETE SE ENCUENTRAN EN
MISMO PLANO. LA ECUACION MATRICIAL DE RIGIDEZ DE BARRA PARA ESTE TI-
DE ESTRUCTURAS PUEDE REDUCIRSE A:

$$\left| \begin{array}{c} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ \hline P_1 \\ \vdots \end{array} \right| = \left| \begin{array}{ccc|ccc} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{-6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{-6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{-6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & \frac{-6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ \hline & \text{LO MISMO} & & & \text{LO MISMO} & \end{array} \right| \left| \begin{array}{c} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \hline \delta_1 \\ \vdots \end{array} \right| \; . \; . \; . \; . \; . \; (46)$$

C) RETICULAS: AL IGUAL QUE EN LOS MARCOS PLANOS, ESTE TIPO DE ES-
CTURAS ESTA CONSTITUIDO POR ELEMENTOS PRISMATICOS CONECTADOS ENTRE
MEDIANTE UNIONES NO ARTICULADAS. LAS CARGAS QUE SON APLICADAS A ESTE
O DE ESTRUCTURAS SE ENCUENTRAN UBICADAS EN UN PLANO PERPENDICULAR AL
ESTRUCTURA MISMA, LO QUE PERMITE EXPRESAR EN FORMA REDUCIDA A LA
ACION (44) COMO:

$$
\begin{vmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ \hline P_1 \\ \vdots \end{vmatrix}
=
\left|\begin{array}{ccc|ccc}
\frac{12EI}{L^3} & 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{-12EI}{L^3} & 0 & \frac{-6EI}{L^2} \\
0 & \frac{GJ}{L} & 0 & 0 & \frac{GJ}{L} & 0 \\
\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{4EI}{L} & \frac{-6EI}{L^2} & 0 & \frac{-2EI}{L} \\
\hline
 & \text{LO MISMO} & & & \text{LO MISMO} & \\
\end{array}\right|
\begin{vmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \\ \delta_3 \\ \hline \delta_1 \\ \vdots \end{vmatrix}
\qquad \ldots\ldots\ (47)
$$

ENSAMBLAJE DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ.

EN LA SECCION ANTERIOR SE HA DETERMINADO PARA UN ELEMENTO (BARRA),
RELACION QUE EXISTE ENTRE LAS FUERZAS INTERNAS QUE SE DESARROLLAN EN
EXTREMOS Y LOS DESPLAZAMIENTOS QUE SE PRESENTAN EN LOS NUDOS A LOS
CONCURRE (ECUACION (43)). LAS MATRICES DE RIGIDEZ DE BARRA DIRECTA
K[II:J], _K[JJ:I]) Y CRUZADA (_K[IJ], _K[JI]) QUE DICHA ECUACION IN-
LUCRA, PERMITIRAN ENSAMBLAR LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA EM-
ADA EN EL SISTEMA:

$$P[\,] = K[\,]\ \Delta[\,]$$

QUE COMO ANTERIORMENTE SE SEÑALO (ECUACION (42)), CONSTITUYE EL NCIPIO DEL METODO DE RIGIDECES.

LOS VALORES DE LOS ELEMENTOS DE K[], DEBERAN REFERIRSE A UN MISMO TEMA COORDENADO, POR LO QUE AL REALIZAR EL ENSAMBLAJE DE LA MATRIZ RIGIDEZ, DEBERAN DE SER TRANSFERIDAS AL SISTEMA GLOBAL LAS RIGIDECES BARRA _K[] PREVIAMENTE CALCULADAS EN SISTEMA LOCAL. UNA VEZ EXPRESA- CADA UNA DE LAS MAGNITUDES EN UN MISMO SISTEMA, EL ENSAMBLAJE CON- TIRA EN COLOCAR LAS RIGIDECES DE LOS ELEMENTOS EN SU LUGAR CORRES- DIENTE DENTRO DE K[]. DEBE TENERSE EN CUENTA QUE LOS ELEMENTOS DE LA GONAL PRINCIPAL DE K[] SON LAS RIGIDECES DE LOS NUDOS Y LOS ELEMEN- RESTANTES REPRESENTAN LAS RIGIDECES DE LOS ELEMENTOS INDIVIDUALES. RIGIDEZ DE NUDO DEPENDERA DE LOS VALORES DE RIGIDEZ DE LOS ELEMENTOS DOS ENTRE SI, EN ESE NUDO, Y SERAN EVALUADOS COMO LA SUMA DE LAS RI- DECES DIRECTAS DE TODOS LOS ELEMENTOS QUE A EL CONCURREN.

COMO SE MENCIONO EN LA SECCION "PRINCIPOS EN LOS QUE SE FUNDAMENTA ANALISIS", EL ENSAMBLAJE DE K[] DEBERA DE CUMPLIR CON LOS PRINCIPIOS COMPATIBILIDAD DE LOS DESPLAZAMIENTOS Y EQUILIBRIO DE FUERZAS; ESTO EL ENSAMBLAJE DEBE SATISFACER LAS ECUACIONES:

$$\Delta[I] = \Delta[IJ] = \Delta[IM] = \ldots\ldots \Delta[IN]$$

$$P[I] = P[IJ] + P[IM] + \ldots\ldots + P[IN]$$

QUE AL CONSIDERAR LA ECUACION DE BARRA (ECUACION (43)) PERMITE ES- BLECER LA SIGUIENTE EXPRESION:

$$P[I] = K[II:J]\ \Delta[J] + K[IJ]\ \Delta[J] + K[II:M]\ \Delta[M] + K[IM]\ \Delta[M] +$$

$$+ \ldots\ldots + K[II:N]\ \Delta[N] + K[IN]\ \Delta[N]$$

TOMANDO EN CUENTA A TODOS LOS NUDOS DE LA ESTRUCTURA Y REAGRUPAN- ENCONTRAMOS LA YA CONOCIDA ECUACION MATRICIAL DE RIGIDEZ DE LA ES- CTURA (ECUACION (41)).

CONDICIONES DE CONTORNO.

PARA ESTABLECER LA SOLUCION DE LOS PROBLEMAS TRATADOS EN ANALISIS RUCTURAL, DEBERAN DE TENERSE EN CUENTA LAS CONDICIONES LIMITROFES O CONTORNO DEFINIDAS EN FUNCION DE FUERZAS Y DESPLAZAMIENTOS. ASI POR MPLO EN LA SIGUIENTE ESTRUCTURA:

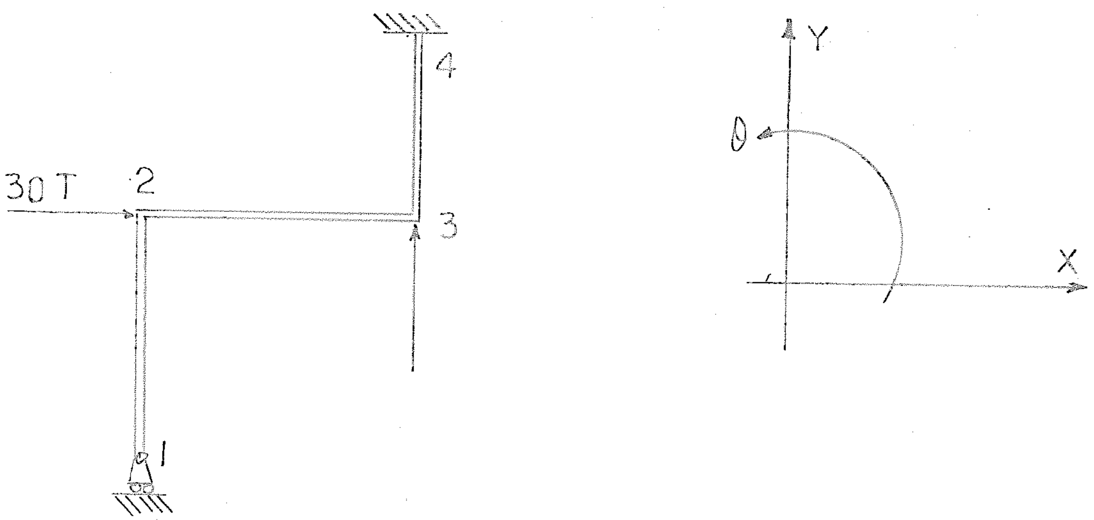


FIGURA 8

LAS CONDICIONES DE CONTORNO EN FUNCION DE LAS FUERZAS SON:

$$P_{2X} = 30T \qquad P_{3Y} = 25T \qquad P_{2Y} = P_{3X} = M_2 = M_3 = 0$$

N FUNCION DEL DESPLAZAMIENTO SON:

$$\Delta_{1Y} = \Delta_{4X} = \Delta_{4Y} = \theta_4 = 0$$

DEBE TENERSE EN CUENTA QUE PARA QUE LA SOLUCION DEL ANALISIS SEA CA, SERA NECESARIO (PERO NO SUFICIENTE) CONSIDERAR LAS CONDICIONES CONTORNO DE LA ESTRUCTURA EN EL PLANTEAMIENTO MATRICIAL DEL SISTEMA METODO DE RIGIDECES DESCRITO EN LA ECUACION (42).

$$P[\,] = K[\,]\ \Delta[\,] \quad . \ . \ . \ . \ . \ (42)$$

DICHA ECUACION CONFORMA ORIGINALMENTE UN SISTEMA DE ECUACIONES IN-ERMINADO, EN DONDE LA MATRIZ DE RIGIDEZ K[ ] ES, ANTES DE CONSIDERAR CONDICIONES DE CONTORNO, UNA MATRIZ SINGULAR. POR OTRA PARTE LOS TORES P[ ] Y Δ[ ] QUE DICHO SISTEMA INVOLUCRA, CONTIENEN CANTIDADES OCIDAS E INCOGNITAS; ASI POR EJEMPLO, EL VECTOR DE FUERZAS GENERALI-O P[ ], NO SOLAMENTE POSEE LAS FUERZAS EXTERNAS DADAS EN LOS NUDOS O TAMBIEN LAS REACCIONES EN LOS APOYOS QUE SON DESCONOCIDOS. DE FOR-SIMILAR EL VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS GENERALIZADO Δ[ ] CONTIENE SI-TANEAMENTE TANTO A LOS DESPLAZAMIENTOS PRESCRITOS EN LOS APOYOS, CO-A LOS DESPLAZAMIENTOS DESCONOCIDOS DE LOS NUDOS.

LA ECUACION MATRICIAL DE RIGIDEZ COMPLETA DE LA ESTRUCTURA, PUEDE GRUPARSE DE TAL FORMA QUE SEA POSIBLE ELIMINAR AQUELLOS RENGLONES Y UMNAS PARA LOS CUALES EL DESPLAZAMIENTO ES CONOCIDO (I.E APOYOS FI-S EN DONDE EL DESPLAZAMIENTO ES NULO), DANDO ASI ORIGEN A UN NUEVO TEMA MATRICIAL REDUCIDO QUE RECIBE EL NOMBRE DE "ECUACION DE RIGIDEZ

AL DE LA ESTRUCTURA". DICHO SISTEMA POSEERA SOLUCION UNICA EN LAS RUCTURAS ESTATICAMENTE ESTABLES Y SERA INDEFINIDO PARA AQUELLAS ES- CTURAS QUE CONFORMEN MECANISMOS.

FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO Y FUERZAS EQUIVALENTES EN LOS NUDOS.

COMUNMENTE SE REQUIERE DISEÑAR ESTRUCTURAS QUE SOPORTEN CARGAS ICADAS A LO LARGO DE SUS ELEMENTOS O BIEN EN QUE SUS MIEMBROS ESTEN ETOS A DEFORMACIONES O ESFUERZOS AJENOS A LOS PRODUCIDOS POR LAS GAS MISMAS, COMO SON LOS CASOS DE AQUELLAS QUE SUFREN ASENTAMIENTOS SUS APOYOS, VARIACION DE TEMPERATURA O FALTA DE AJUSTE EN SUS MIEM- S. CUALQUIERA DE LAS CIRCUNSTANCIAS ANTERIORMENTE MENCIONADAS PODRA TARSE COMO UNA EXTENSION DEL ANALISIS DE ESTRUCTURAS SOMETIDAS UNI- ENTE A CARGAS EN LOS NUDOS AL HACER USO DEL PRINCIPIO DE SUPERPOSI- N Y CONSIDERAR A LA ESTRUCTURA FINALMENTE DEFORMADA COMO LA SUMA DE:

- UNA PRIMERA ESTRUCTURA CON NUDOS FIJOS EN LA QUE ACTUAN LAS RZAS DESARROLLADAS EN LOS EXTREMOS DE CADA ELEMENTO DEBIDAS A LA AC- N DE ASENTAMIENTO DE APOYOS, VARIACION DE TEMPERATURA, ETC. (FUERZAS EMPOTRAMIENTO).
- UNA SEGUNDA ESTRUCTURA CON NUDOS CON DESPLAZAMIENTO SUJETOS A FUERZA CUYA MAGNITUD ES EQUIVALENTE A LA SUMA VECTORIAL (CON SIGNO TRARIO) DE LAS FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO DE LOS ELEMENTOS QUE CONCU- N A DICHO NUDO (FUERZAS EQUIVALENTES).

ASI POR EJEMPLO, LA SIGUIENTE ESTRUCTURA SUJETA A UNA FUERZA CON- TRADA EN UNO DE SUS ELEMENTOS Y AL ASENTAMIENTO DE UNO DE SUS APO- S, PODRA SER ANALIZADA COMO:

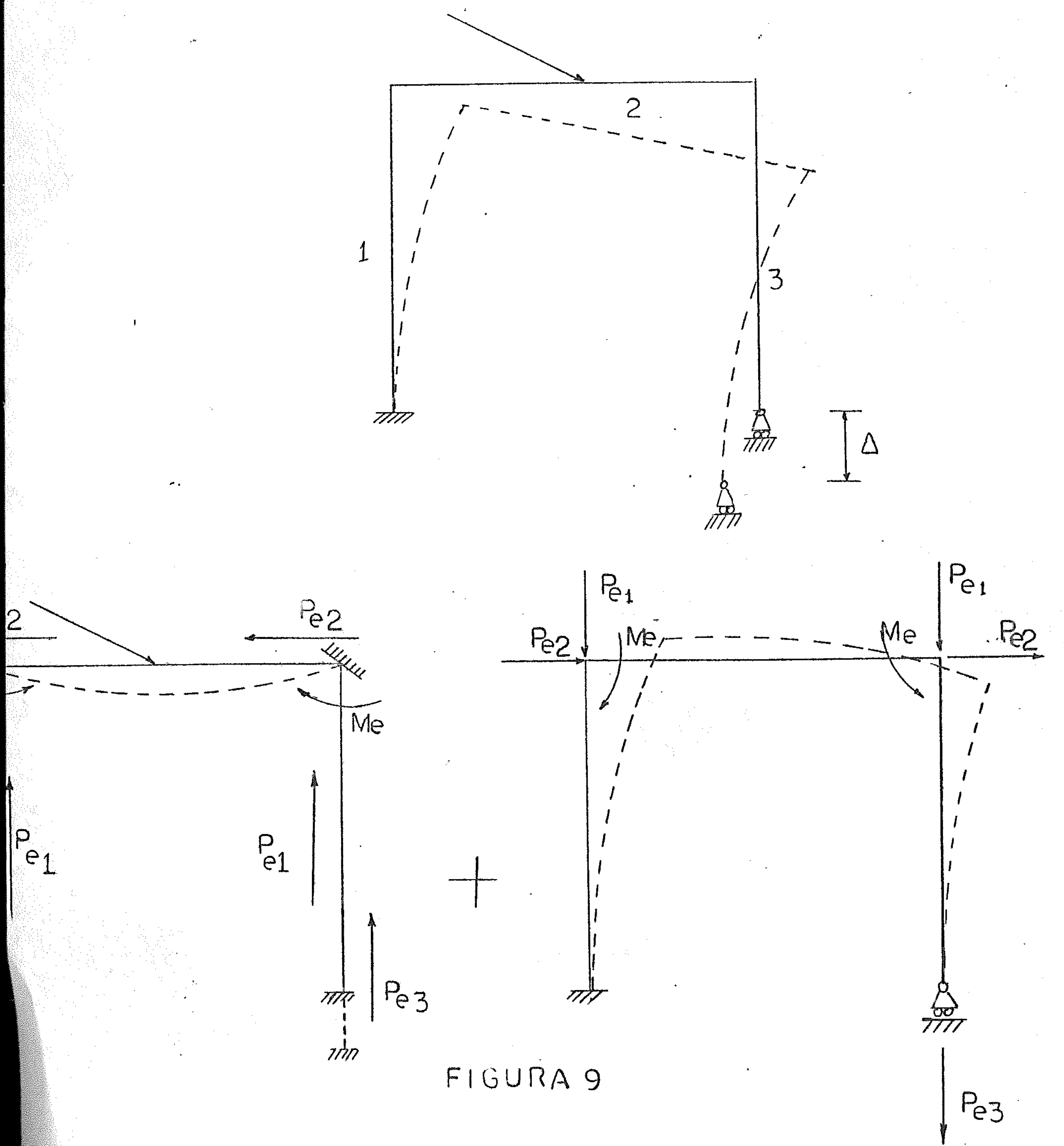


FIGURA 9

EL ANALISIS DE LAS ESTRUCTURAS QUE SUFREN HUNDIMIENTOS DE SUS APO-
, CAMBIOS DE TEMPERATURA, FALTA DE AJUSTE, O BIEN AQUELLAS QUE A LO
GO DE SUS ELEMENTOS SON APLICADAS FUERZAS, CONSISTIRA BASICAMENTE EN
PASOS DE SOBREPOSICION ANTERIORMENTE ILUSTRADOS Y QUE PUEDEN RESU-
SE COMO:

-1) DETERMINACION DE LAS FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO ORIGINADAS POR
CAUSAS ANTERIORMENTE MENCIONADAS CONSIDERANDO FIJOS A TODOS LOS NU-
DE LA ESTRUCTURA.

-2) TRANSFORMACION DE LAS FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO AL SISTEMA GE-
AL DE COORDENADAS CUYA SUMA VECTORIAL (CON SIGNO CONTRARIO) SOBRE
OS LOS ELEMENTOS QUE CONCURREN A UN NUDO, CONSTITUIRAN LAS FUERZAS
IVALENTES EN DICHO NUDO.

-3) ANALISIS A LA ESTRUCTURA CONSIDERANDO AL VECTOR DE CARGAS GE-
ALIZADO P[ ] DE LA ECUACION (42) COMO LA SUMA DE LAS FUERZAS REALMEN-
APLICADAS SOBRE LOS NUDOS (SI LAS HAY) Y LAS FUERZAS EQUIVALENTES
ERIORMENTE EVALUADAS.

-4) LAS FUERZAS INTERNAS DESARROLLADAS EN LOS EXTREMOS DE LOS ELE-
TOS ASI COMO LA FORMA DEFORMADA DE LA ESTRUCTURA, SERAN CALCULADAS
O LA SOBREPOSICION DE LOS RESULTADOS DEL PRIMER Y TERCER PASO DES-
TOS EN ESTE PROCEDIMIENTO.

CABE MENCIONAR QUE LA ACCION DE ASENTAMIENTO DE APOYOS, VARIACION
TEMPERATURA O FALTA DE AJUSTE EN LAS PIEZAS DE UNA ESTRUCTURA, MODI-
ARA LA GEOMETRIA DE LA MISMA; SIN EMBARGO, EN ESTRUCTURAS ISOSTATI-
DICHO CAMBIO NO OCASIONARA ESFUERZOS ADICIONALES EN LOS MIEMBROS DE
MISMA. ASI POR EJEMPLO LA DEFORMACION DE LAS SIGUIENTES ESTRUCTURAS
STATICAS:

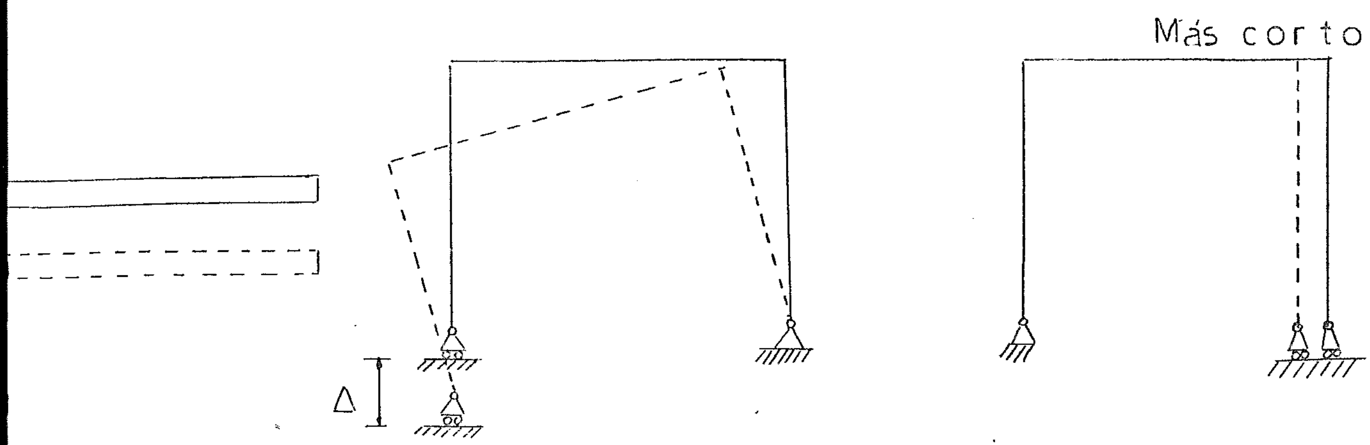


FIGURA 10

NO ORIGINARA ESFUERZOS EN SUS MIEMBROS, MIENTRAS QUE LAS SIGUIENTES ESTRUCTURAS HIPERESTATICAS:

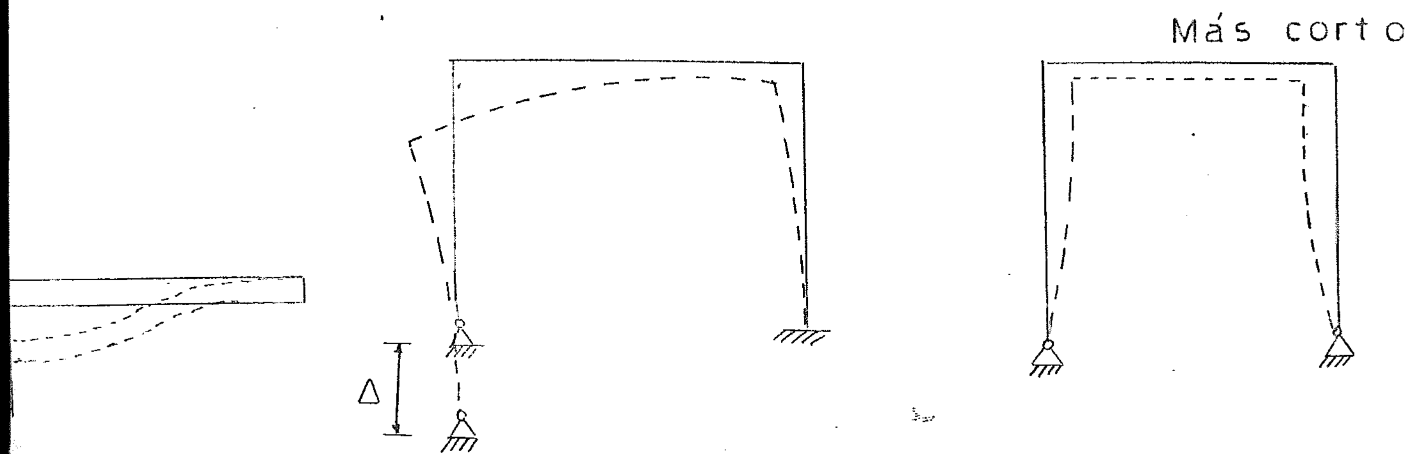


FIGURA 11

SUFRIRAN JUNTO CON EL CAMBIO GEOMETRICO, ESFUERZOS EN SUS ELEMENTOS.

UNA VEZ OBTENIDAS LAS FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO, EL ANALISIS DE ES-
CTURAS SUJETAS A LAS CONDICIONES TRATADAS EN ESTA SECCION SERA ESEN-
LMENTE EL MISMO PARA TODAS Y CONSISTIRA DE LOS PASOS (BASADOS EN EL
NCIPIO DE SUPERPOSICION) ANTERIORMENTE MENCIONADOS.

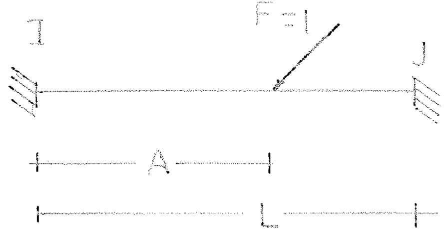
A CONTINUACION SE PRESENTAN LAS IDEAS CENTRALES QUE PERMITIRAN DE-
MINAR LAS FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO EN LOS ELEMENTOS SOMETIDOS A LOS
ERENTES TIPOS DE ACCIONES TRATADAS EN ESTA SECCION.

- ESTRUCTURAS CON CARGAS APLICADAS A LO LARGO DE SUS ELEMENTOS.

LAS FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO EN LOS ELEMENTOS EN LOS QUE HA SIDO
ICADA UNA CARGA, PODRAN SER EVALUADAS CONSIDERANDO A TODOS LOS NUDOS
LA ESTRUCTURA COMO FIJOS. LAS MAGNITUDES DE DICHAS FUERZAS SERAN
ALES A LAS DE LAS REACCIONES EN SUS EXTREMOS AL SUPONERLOS EMPOTRA-
.

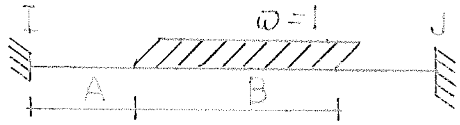
CON OBJETO DE FACILITAR EL ANALISIS, PODRAN USARSE TABLAS DE COE-
IENTES DE EMPOTRAMIENTO PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE CARGA, TAL Y
O LA MOSTRADA A CONTINUACION:

$$1 = \frac{L-A}{L}$$



$$2 = \frac{(L-A)^2}{L^3}(L+2A)$$

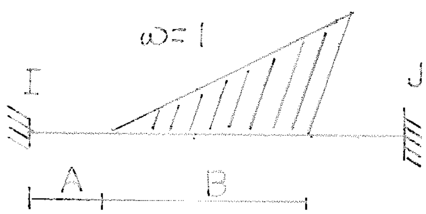
$$3 = \frac{A(L-A)^2}{L^2}$$



$$1 = \frac{B(L-A-B/2)}{L}$$

$$2 = \frac{1}{2L}\left(2BL - \frac{2}{L}[(A+B)^3 - A^3] + \frac{1}{L^2}[(A+B)^4 - A^4]\right)$$

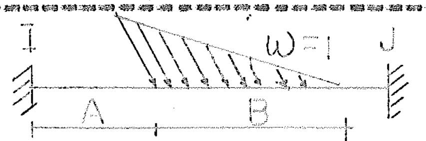
$$3 = \frac{1}{12\ L^2}\left(6L^2[(A+B)^2 - A^2] - 8L[(A+B)^3 - A^3] + 3[(A+B)^4 - A^4]\right)$$



$$1 = \frac{B}{2L}\left(L-A-\frac{2}{3}B\right)$$

$$2 = \frac{B}{2L^2}\left[3\left(L-A-\frac{2}{3}B\right)^2 - \frac{B^2}{6} + \frac{AB^2}{3L} + \frac{23B^3}{135L} - \frac{2(L-A-2B/3)^3}{L}\right]$$

$$3 = \frac{-B}{2L}\left[\frac{(L-A-2B/3)^3}{L} + \frac{B^2}{9} + \frac{51B^3}{810L} - \frac{B^2(A+B)}{6L} - (L-A-2B/3)^2\right]$$

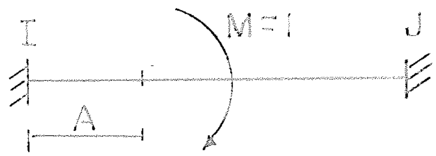


$$_1 = \frac{B}{2L}\left(L-A-\frac{B}{3}\right)$$

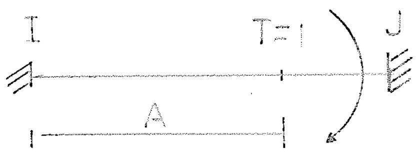
$$_2 = \frac{B}{2} - \frac{B}{2L^2}\left[3\left(A+\frac{B}{3}\right)^2 - \frac{B^2}{6} + \frac{(L-A-B)B^2}{3L} + \frac{28B^3}{135L} - \frac{2(A+B/3)^3}{L}\right]$$

$$_3 = \frac{B}{2L}\left[\frac{(A+B/3)^3}{L} + \frac{B^2}{18} + \frac{51B^3}{810L} - \frac{B^2(L-A)}{6L} - 2\left(A+\frac{B}{3}\right)^2 + L\left(A+\frac{B}{3}\right)\right]$$

$$_4 = \frac{6}{L^3}(LA-A^2)$$



$$_5 = \frac{1}{L^2}(4LA-3A^2-L^2)$$



$$_1 = \frac{L-A}{L}$$

LOS COEFICIENTES C<1>, C<2>, C<3>, . . . C<6>. PUEDEN AGRUPARSE
TRO DE LA MATRIZ DE FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO C[]. PARA UN ELEMENTO
ETO A CARGAS UNITARIAS EN LA DIRECCION DE LOS EJES COORDENADOS, LA
RIZ C[] TIENE UN VALOR DE:

$$\begin{vmatrix} -C_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -C_2 & 0 & 0 & 0 & C_4 \\ 0 & 0 & -C_2 & 0 & -C_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -C_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -C_3 & 0 & -C_5 & 0 \\ 0 & C_3 & 0 & 0 & 0 & -C_5 \end{vmatrix}$$

- ASENTAMIENTO DE APOYOS, FALTA DE AJUSTE Y VARIACION DE TEMPERA-
A.

EL CALCULO DE LAS FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO DE ESTRUCTURAS SUJETAS
CONDICIONES QUE ORIGINEN DESPLAZAMIENTOS NODALES CUYAS MAGNITUDES
DAN SER CALCULADAS O SUPUESTAS, SERA REALIZADO MEDIANTE LA ECUACION
):

$$_P[I,J] = \ _K[II:J]\,\delta[I] + \ _K[IJ]\,\delta[J]$$

EN DONDE LOS DESPLAZAMIENTOS δ[I] Y δ[J] DEPENDERAN DE LA MAGNITUD
LOS ASENTAMIENTOS DE APOYOS, DE LAS DISTANCIAS QUE POR ERRORES DE
RICACION RECORRAN LOS NUDOS AL REALIZAR EL ENSAMBLAJE DE LA ESTRUC-
A, O BIEN DE LA CONTRACCION O EXPANSION DE LAS BARRAS DEBIDAS A VA-
CIONES DE TEMPERATURA. EN ESTE ULTIMO CASO, TAL DEFORMACION ES EVA-
DA COMO:

$$= \frac{\alpha (T1 + T2)}{2} L \qquad \Delta_Y = \frac{-\alpha (T1 - T2)}{2H} L^2 \qquad \Theta_Z = \frac{-\alpha (T1 - T2)}{H} L$$

DONDE:

T1 = VARIACION DE DEPERATURA EN LA PARTE SUPERIOR DEL ELEMENTO

T2 = VARIACION DE TEMPERATURA EN LA PARTE INFERIOR DEL ELEMENTO

α = COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA

L = LONGITUD DEL ELEMENTO

CAPITULO II.

PROGRAMA DE COMPUTADORA.

BONDADES DEL PROGRAMA

A CONTINUACION SE PRESENTAN ALGUNOS DE LOS ASPECTOS FUNCIONALES EL PROGRAMA QUE REPRESENTAN LAS VENTAJAS MAS NOTORIAS PARA EL USUARIO.

+ 1) SISTEMA INTERNO DE BASE DE DATOS.

EL PROGRAMA CUENTA CON UN ALGORITMO DE BASE DE DATOS MEDIANTE EL UAL ES POSIBLE ALMACENAR DE MANERA EFICIENTE ELEMENTOS DE MATRICES ULTIDIMENSIONALES DENTRO DE UN VECTOR QUE CONTIENE A TODOS LOS DATOS, O QUE PERMITE:

A) ALMACENAR SOLO A LOS ELEMENTOS PERTENECIENTES AL SEMIANCHO DE ANDA, LOGRANDO CON ELLO UNA REDUCCION SIGNIFICATIVA EN LOS REQUERI-IENTOS DE ESPACIO DE MEMORIA. LA OPTIMIZACION EN EL EMPLEO DE LOS ES-ACIOS DE MEMORIA, ES SIN DUDA, UNA DE LAS VENTAJAS MAS IMPORTANTES DEL ROGRAMA, YA QUE PERMITE EL ANALISIS DE ESTRUCTURAS DE GRAN TAMA#O EN OMPUTADORAS DE CAPACIDADES DE MEMORIAS MEDIAS, TALES COMO LAS COMUN-ENTE EMPLEADAS EN LOS DESPACHOS DE CALCULO INGENIERIL.

B) FACIL IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE MEMORIA DINAMICA, GRACIAS L USO DE APUNTADORES EN EL SISTEMA DE BASE DE DATOS QUE PERMITEN UBI-AR FACILMENTE A BLOQUES DE INFORMACION (MATRICES O CONJUNTO DE ELLAS) ENTRO DEL VECTOR DE DATOS VEC[]. ESTA FACULTAD RESULTA DE GRAN IMPOR-ANCIA YA QUE HACE POSIBLE MANTENER EN MEMORIA DE ACCESO DIRECTO "RAM") SOLO AQUELLA INFORMACION QUE SE REQUIERA PROCESAR EN UN BLOQUE

E INSTRUCIONES DETERMINADAS (EN UNA SUBRUTINA, POR EJEMPLO), QUEDANDO N MEMORIA PERIFERICA LA INFORMACION RESTANTE QUE SERA POSTERIORMENTE TILIZADA.

+ 2) DISEÑO MODULAR DEL PROGRAMA.

EL PRESENTE PROGRAMA ESTA CONSTRUIDO BAJO UNA POLITICA MODULAR ME- IANTE EL EMPLEO DE SUBRUTINAS QUE SE INTERCOMUNICAN ENTRE SI, CON LO UAL ES POSIBLE:

A) MANTENER EN "RAM" SOLO AQUELLA PARTE DEL PROGRAMA QUE SEA RE- UERIDA EN UN INSTANTE DETERMINADO Y ALMACENARLA EN DISPOSITIVOS DE ME- ORIA PERIFERICA UNA VEZ QUE HAYA SIDO UTILIZADA. EL MOVIMIENTO ANTE- IOR PUEDE REPETIRSE TANTAS VECES COMO EL NUMERO DE PARTICIONES EN EL UE SE TENGA QUE SEGMENTAR EL PROGRAMA ENTERO PARA SU EJECUCION.

B) FACIL IMPLEMENTACION DE NUEVOS ALGORITMOS QUE CONSTITUYAN SU- RUTINAS A SER EMPLEADAS EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS CUYAS CARACTERIS- ICAS AUN NO HAYAN SIDO CONTEMPLADAS. PARA ELLO SERA NECESARIO TOMAR EN UENTA LA RELACION DE ORDENES DE LLAMADA EXISTENTE ENTRE CADA SUBRUTI- A, MISMA QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA (13).

C) LA PROGRAMACION ESTRUCTURADA EN FORMA MODULAR PERMITE QUE DIFE- ENTES BLOQUES SEAN EJECUTADOS EN EL PROGRAMA TANTAS VECES COMO SEA RE- UERIDO, LO QUE OFRECE AL USUARIO GRAN FLEXIBILIDAD EN LA FORMA DE SO- UCION DE UN PROBLEMA; ASI POR EJEMPLO, UNA MISMA ESTRUCTURA PUEDE SER NALIZADA BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE CARGA EN FORMA INDEPENDIENTE, L SER ESTAS EXPRESADAS EN LA LECTURA DE DATOS COMO GRUPOS QUE EMPIEZAN ON LA MACROINSTRUCCION "FUERZA" Y TERMINAN CON LA MACROINSTRUCCION CALCU".

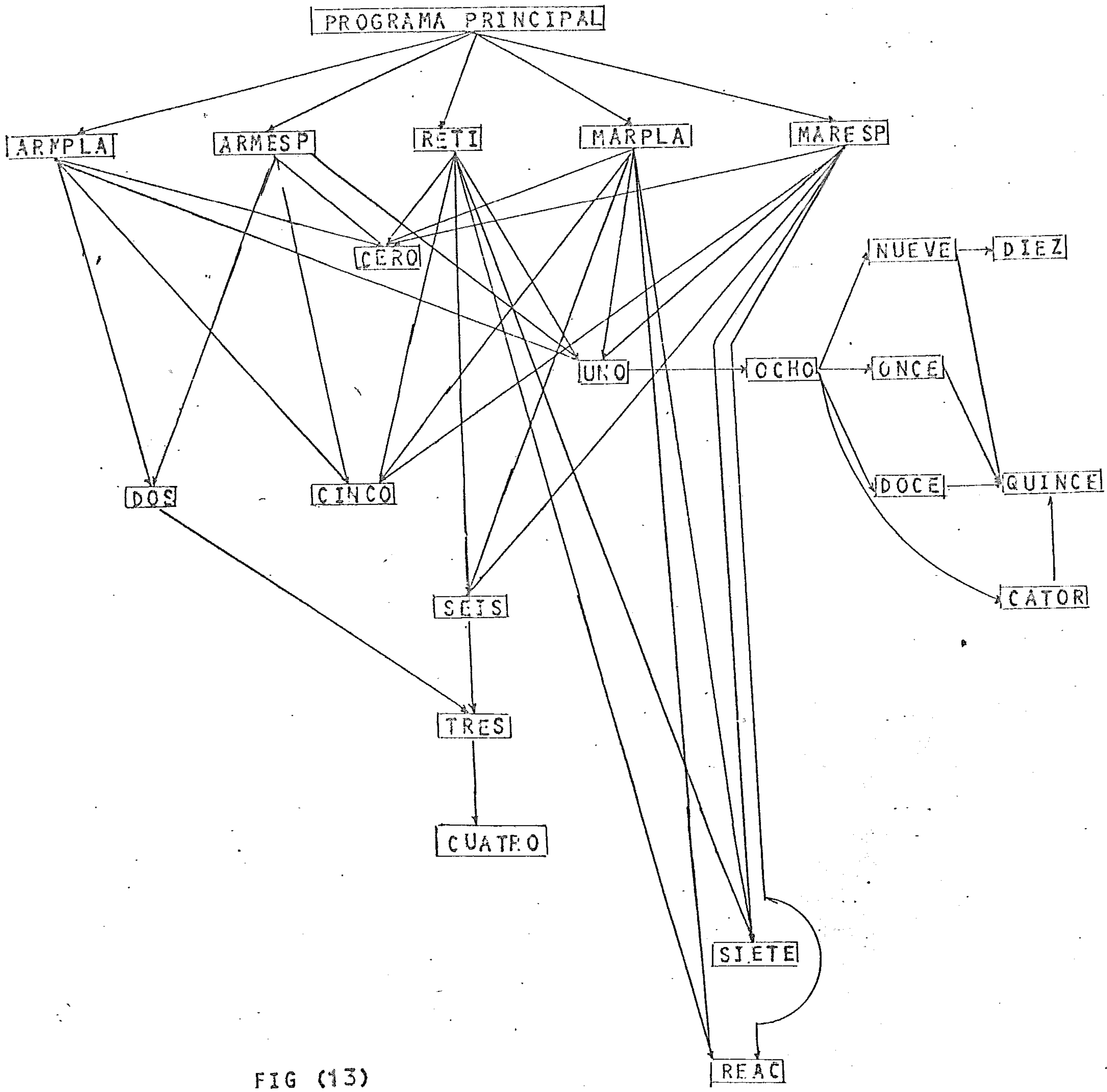

PROGRAMA PRINCIPAL
ARMPLA
ARMESP
RETI
MARPLA
MARESP
CERO
NUEVE
DIEZ
UNO
OCHO
ONCE
DOS
CINCO
DOCE
QUINCE
CATOR
SEIS
TRES
CUATRO
SIETE
REAC

FIG (13)

+ 3) CALCULO DE OPERACIONES RESTRINGIDOS A ELEMENTOS NO NULOS DEN-RO DEL SEMIANCHO DE BANDA.

LOS ALGORITMOS DE SOLUCION UTILIZADOS EN EL PROGRAMA, FUERON ELA-ORADOS TOMANDO EN CONSIDERACION LAS PROPIEDADES DE SIMETRIA Y ANCHO DE ANDA QUE POSEEN CIERTAS MATRICES EMPLEADAS EN EL ANALISIS, POR LO QUE OLO SE OPERA SOBRE AQUELLOS ELEMENTOS NO NULOS (CON MODULO DE ELASTI-IDAD POSITIVO Y DIFERENTE DE CERO) QUE QUEDEN INCLUIDOS EN EL SEMIAN-HO DE BANDA.

LA DETERMINACION DE AQUELLAS OPERACIONES QUE SON ESTRICTAMENTE NE-ESARIAS DE EJECUTAR, HACE POSIBLE UNA NOTORIA DISMINUCION EN LOS TIEM-OS DE ENTRADA, SALIDA Y PROCESADOR CENTRAL DE LA COMPUTADORA, LO QUE EPRESENTA UNA MAYOR ECONOMIA EN EL COSTO DEL ANALISIS.

+ 4) ANALISIS DE CONDICIONES ESPECIALES.

PARA DETERMINAR LOS ELEMENTOS MECANICOS DE ESTRUCTURAS QUE DIFIE-AN DE LAS CONDICIONES GENERALES DEL ANALISIS (FUERZAS EXCLUSIVAMENTE PLICADAS EN LOS NUDOS, SECCIONES DE BARRAS PRISMATICAS, ETC.), EL PRO-RAMA CUENTA CON DIVERSAS SUBRUTINAS QUE PERMITEN EL ESTUDIO DE:

- CARGAS APLICADAS EN LOS ELEMENTOS.
- ASENTAMIENTO DE APOYOS.
- VARIACIONES DE TEMPERATURA.
- FALTA DE AJUSTE DE LOS ELEMENTOS.

+ 5) FACIL EMPLEO DEL PROGRAMA.

UNA DE LAS CARACTERISTICAS RELEVANTES DEL PRESENTE PROGRAMA CON-
ISTE EN QUE SU DISEÑO PERMITE SER USADO FACILMENTE AUN POR PERSONAS
JE NO ESTEN FAMILIARIZADAS CON EL CAMPO DE LA COMPUTACION, YA QUE
JENTA CON:

A) UN SISTEMA DE MACROINSTRUCCIONES QUE HACE POSIBLE ESTABLECER
DN FLEXIBILIDAD LA SECUENCIA DE LAS TAREAS POR EJECUTAR DENTRO DEL
ROGRAMA, ASI COMO DETERMINAR CON FACILIDAD CUALQUIERA DE LAS MULTIPLES
PCIONES CON QUE CUENTA EL SISTEMA. DICHAS MACROINSTRUCCIONES ESTAN
DRMADAS POR PALABRAS NEMOTECNICAS QUE PERMITEN RELACIONARLAS CON LAS
CCIONES QUE SE REQUIERAN REALIZAR ("ESCRI", "CALCU", "FIN", ETC.). EN
ASO DESEADO, PUEDEN SER ANEXADAS NUEVAS INSTRUCCIONES O BIEN SER CAM-
IADAS DE NOMBRE POR CUALQUIER OTRO, MODIFICANDO EL CONJUNTO DE DATOS
EFINIDO EN "BLOCK DATA".

B) UN SISTEMA DE DIAGNOSTICO DE ERRORES QUE INDICAN LAS POSIBLES
AUSAS POR LAS QUE UN ANALISIS PUEDE SER SUSPENDIDO ANTES DE QUE SEAN
BTENIDOS TODOS LOS RESULTADOS DESEADOS. ENTRE LOS PRINCIPALES ERRORES
E ENCUENTRAN:

- EMPLEO DE MACROINSTRUCCION NO DEFINIDA.
- PARAMETROS DE CONTROL FUERA DE RANGO PERMITIDO.
- DATOS FALTANTES EN LA LECTURA DE LAS CONDICIONES DEL PROBLEMA.
- ASIGNACION NEGATIVA EN LA LECTURA DE DATOS A PROPIEDADES DE BA-
RA CUYO VALOR INTRINSECO ES SIEMPRE POSITIVO, COMO ES EL CASO DE LOS
ALORES DE AREA, MODULO DE ELASTICIDAD, MOMENTOS DE INERCIA, ETC.
- FALTA DE ESPACIO DE MEMORIA.
- MATRIZ DE RIGIDEZ SINGULAR (EN EL CASO DE MECANISMOS).

+ 6) FLEXIBILIDAD EN LA LECTURA DE DATOS.

EL USUARIO CUENTA CON LAS SIGUIENTES VENTAJAS PARA INTRODUCIR LAS ONDICIONES INICIALES DEL PROBLEMA.

A) NO IMPORTA EL ORDEN EN QUE SEAN INTRODUCIDOS LOS BLOQUES DE IN-ORMACION CORRESPONDIENTES A LAS PROPIEDADES DE BARRA, GEOMETRIA DE LA STRUCTURA, CONDICIONES DE CONTORNO Y CARGAS EXTERNAS, ETC.

B) NO IMPORTA EL ORDEN EN QUE SEAN INTRODUCIDOS LOS DATOS DENTRO E SU CORRESPONDIENTE BLOQUE DE INFORMACION. ASI POR EJEMPLO, PUEDEN ER LEIDAS INDISTINTAMENTE LAS PROPIEDADES DE UN NODO ANTES QUE OTRO, NA BARRA ANTES QUE OTRA, ETC.

C) EMPLEO DE CONSTANTES DE LECTURA QUE ELIMINAN LA TEDIOSA TAREA E REPETIR PARA CADA ELEMENTO PROPIEDADES QUE SE PRESENTAN EN COMUN, OMO ES EL CASO DE ESTRUCTURAS CON EL MISMO MODULO DE ELASTICIDAD, MIS-A SECCION TRANSVERSAL, ETC.

D) EMPLEO DE VALORES DE DEFAULT EN CONDICIONES DE CARGA Y CONTOR-), DE TAL FORMA QUE SE ASUME QUE UN NODO PUEDE DESPLAZARSE EN TODAS IRECCIONES Y NO SE ENCUENTRA SOMETIDO A NINGUNA FUERZA EXTERNA MIEN-RAS NO SE INDIQUE LO CONTRARIO.

+ 7) METODO DE SOLUCION DE SISTEMA SIMULTANEO PARA MATRICES BANDEADAS Y DEFINIDAMENTE POSITIVAS.

DEBIDO A LOS GRANDES SISTEMAS SIMULTANEOS QUE SE REQUIERE RESOLVER N EL METODO DE RIGIDECES PARA ENCONTRAR LOS DESPLAZAMIENTOS NODALES, Y OMANDO EN CUENTA QUE LAS MATRICES DE RIGIDEZ PRESENTAN LAS PROPIEDADES E SIMETRIA, BANDA Y TIPO DEFINIDAMENTE POSITIVO, ELABORE UN ALGORITMO E SOLUCION EN BASE AL METODO DE CHOLESKY MODIFICADO QUE CUENTA CON LA

NOVACION DE CONSIDERAR EL LIMITE INFERIOR DE LOS CICLOS ITERATIVOS E INTERVIENEN EN LA SOLUCION DEL SISTEMA, OBTENIENDO CON ELLO UNA NSIDERABLE REDUCCION EN EL NUMERO DE OPERACIONES COMUNMENTE REALIZA-S.

PARA ECUACIONES MATRICIALES DE FRANJA SIMETRICA CON UN ANCHO MEDIO -W- Y ORDEN -N-, EL METODO DE CHOLESKY ESTABLECE QUE:

$$S_{II} = A_{II} \sum_{R=1}^{I-1} S_{RI}^{2} S_{RR} \quad .....(1) \qquad I=1,.....,N$$

$$S_{IJ} = \frac{1}{S_{II}} \left(A_{IJ} - \sum_{R=1}^{I-1} S_{RI} S_{RJ} S_{RR} \right) \quad .....(2) \qquad J=I+1,.....I+W-1<N$$

$$C_{IM} = \frac{1}{S_{II}} \left(B_{IM} - \sum_{R=1}^{I-1} S_{RI} S_{RR} C_{RM} \right) \quad .....(3) \qquad M=1,2,...$$

$$X_{IM} = C_{IM} - \sum_{R=I+1}^{N} S_{IR} \; X_{RM} \qquad .....(4)$$

PUEDE DEMOSTRARSE QUE EN LAS ECUACIONES (1), (2) Y (3) EL RANGO
NFERIOR DE ITERACION R=1, PUEDE RESTRINGIRSE A:

$$R = I-W+1 > 1,\ .....,\ I-1 \qquad Y\ A: \qquad R = I+1,\ .....,\ I-W+1 < N$$

EN LUGAR DE R=I+1 EN LA ECUACION (4), DEBIDO A QUE LOS TERMINOS
<I-W+1 TIENEN UN VALOR DE CERO. LA DESCRIPCION DEL METODO MATRICIAL DE
HOLESKY PUEDE ENCONTRARSE EN CUAQUIER TRATADO DE METODOS NUMERICOS.
ARTICULARMENTE LAS ECUACIONES ANTERIORMENTE MOSTRADAS FUERON EXTRAIDAS
MODIFICADAS DEL LIBRO "INTRODUCCION AL ANALISIS ESTRUCTURAL CON
ATRICES" CUYO AUTOR ES HAYRETTIN KARDESTUNCER [1].

EL METODO CHOLESKY FUE ELEGIDO ENTRE DIFERENTES ALGORITMOS DE SO-
UCION DE SISTEMAS SIMULTANEOS YA QUE PRESENTA LAS SIGUIENTES CARACTE-
ISTICAS:

A) REQUERIMIENTOS MINIMOS DE ESPACIO DE MEMORIA, PARALELAMENTE A
A VENTAJA DE SOLO TENER QUE ALMACENAR EL SEMIANCHO DE BANDA DE LA MA-
RIZ DE RIGIDEZ. LAS MATRICES TRIANGULAR INFERIOR Y SUPERIOR QUE RESUL-
AN DE SU DESCOMPOSICION, PUEDEN ALMACENARSE EN LAS MISMAS LOCALIDADES
MEMORIA ASIGNADAS AL SISTEMA GENERAL SIN REQUERIMIENTOS DE MEMORIA
DICIONALES.

B) EXISTE LA POSIBILIDAD DE RESOLVER EL SISTEMA SIMULTANEO PARA
AS DE UN CONJUNTO DIFERENTE DE CARGAS.

C) CONSIDERABLE EXACTITUD EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

D) TIEMPO DE EJECUCION EN PROMEDIO INFERIOR AL EMPLEADO POR OTROS ETODOS DE INVERSION (GAUSS, GAUSS-SEIDEL E ITERATIVOS EN GENERAL).

+ 8) ESCRITURA PARCIAL DE RESULTADOS.

SE HA CONTEMPLADO LA POSIBILIDAD DE PODER OBTENER INFORMACION PRE-IA A LOS RESULTADOS FINALES ESCRITOS POR DEFAULT, PARA SU UTILIZACION VERIFICACION. DICHA INFORMACION PUEDE CONSISTIR EN LA MATRIZ DE RIGI-EZ, MATRIZ DE ROTACION, MATRIZ DE AREA DE BARRAS, ETC.

+ 9) LENGUAJE DE PROGRAMACION "FORTRAN".

PARA LA ELABORACION DEL PROGRAMA SE HA PENSADO EN EL USO DE UN ENGUAJE QUE CUENTE CON LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:

A) EL LENGUAJE DE PROGRAMACION DEBE ENCONTRARSE IMPLEMENTADO EN LA AYORIA DE LAS MAQUINAS COMPUTADORAS.

B) LAS VERSIONES EXISTENTES DEL LENGUAJE ENTRE MAQUINAS NO DEBERAN E DIFERIR RADICALMENTE.

C) FACILIDAD PARA PODER OPERAR EXPRESIONES MATRICIALES.

D) DEBERA DE PRESENTAR FLEXIBILIDADES EN EL MANEJO DE BLOQUES DE NFORMACION.

EL LENGUAJE FORTRAN FUE ELEGIDO ENTRE OTROS LENGUAJES DE COMPUTA-ION TALES COMO EL ALGOL, COBOL, PASCAL, BASIC, ETC., POR SER EL QUE UMPLE EN FORMA MAS COMPLETA LOS ANTERIORES REQUISITOS.

DESCRIPCION DEL PROGRAMA.

A CONTINUACION SE DESCRIBEN BREVEMENTE ALGUNOS DE LOS ASPECTOS MAS MPORTANTES CONCERNIENTES A LA ESTRUCTURA Y ORGANIZACION DEL PROGRAMA UYO DIAGRAMA DE BLOQUES ES EL MOSTRADO EN LA FIGURA (13).

PROGRAMA PRINCIPAL.

TIENE COMO FUNCION LA DECLARACION DE ATRIBUTOS DEL PROGRAMA Y DE OS ARCHIVOS DE ENTRADA Y SALIDA (FILE5 Y FILE6 RESPECTIVAMENTE), ASI OMO LA DEFINICION DEL ESPACIO DE MEMORIA QUE SERA UTILIZADO POSTERIOR-ENTE EN CADA SUBRUTINA.

MEDIANTE EL PARAMETRO "EXIST", EL CONTROL SE TRANSFIERE A LAS SU-RUTINAS DE SEGUNDO NIVEL: "ARMPLA", "ARMESP", "RETI", "MARPLA" Y MARESP", SEGUN SEA EL TIPO DE ESTRUCTURA A ANALIZAR: ARMADURA PLANA, RMADURA EN EL ESPACIO, RETICULA, MARCO PLANO Y MARCO EN EL ESPACIO, ESPECTIVAMENTE.

"BLOCK DATA".

CONTIENE LOS NOMBRES DE LAS INSTRUCCIONES QUE DEFINEN LAS TAREAS OR EJECUTAR.

FUNCIONES DE LOCALIZACION.

LOS PROGRAMAS ELABORADOS EN EL LENGUAJE FORTRAN, REQUIEREN EN SU NICIO CONOCER EL ESPACIO DE MEMORIA QUE SERA UTILIZADO, ASI COMO LAS IMENSIONES DE TODAS LOS ARREGLOS QUE SERAN EMPLEADOS. ESTO PLANTEA UNA

AN DIFICULTAD PARA ELABORAR UN PROGRAMA DE PROPOSITOS GENERALES EN LA LUCION DEL CALCULO DE ESTRUCTURAS, YA QUE LA GEOMETRIA DE LAS MISMAS, TERMINA EL ANCHO DE BANDA EN LAS MATRICES QUE CONTENGAN PROPIEDADES BARRA. POR OTRA PARTE, LAS MATRICES DE RIGIDEZ, ROTACION Y ELEMENTOS CANICOS, POSEEN UN ORDEN QUE VARIA DESDE 6X6 EN MARCOS EN EL ESPACIO, STA 1X1 (ESCALAR) EN ARMADURAS.

ASI POR EJEMPLO, SIN CONSIDERAR LO ANTERIOR, LA SIGUIENTE ARMADU-A:

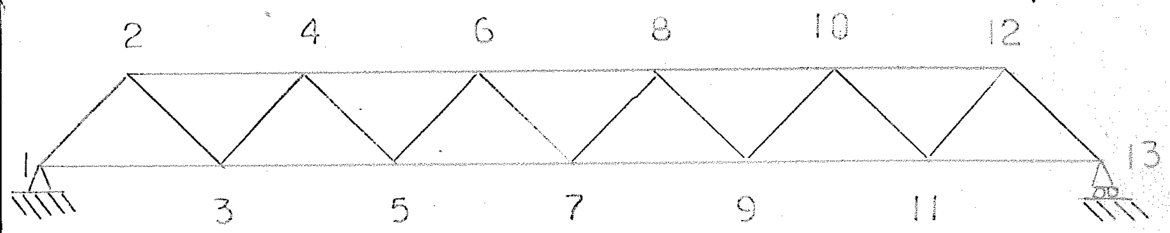


FIG (14)

REQUERIRIA UN AREA DE MEMORIA PARA ALMACENAMIENTO DE LA MATRIZ DE IGIDEZ DE POR LO MENOS:

$$13 \times 13 \times 6 \times 6 = 6\,084$$

ESTO ES UNA MATRIZ DE ORDEN 6X6 PARA CADA UNA DE LAS POSIBLES COM-INACIONES DE BARRA:

1,1	1,2	1,3	. . . . . .	1,13
2,1	2,2	2,3	. . . . . .	2,13
.	.	.		.
.	.	.		.
.	.	.		.
13,1	13,2	13,3	. . . . . .	13,13

EL EMPLEO DE LAS FUNCIONES DE LOCALIZACION: "LU1F", "LU2F", "LU3F" LU4F", PERMITE TOMANDO EN CUENTA LAS PROPIEDADES DE BANDA, SIMETRIA Y ANGO, ALMACENAR ARREGLOS MULTIDIMENSIONALES EN UN VECTOR, REDUCIENDO OS REQUERIMIENTOS DE MEMORIA NOTORIAMENTE. ASI POR EJEMPLO, EL AREA DE EMORIA EMPLEADA EN EL CALCULO DE LA ARMADURA ANTERIOR SERIA REDUCIDA :

13 X 3 X 1 = 39

ESTO ES, UN ESCALAR PARA LAS COMBINACIONES POSIBLES DENTRO DE LA ANDA:

1,1	1,2	1,3
2,2	2,3	2,4
3,3	3,4	3,5
.	.	.
.	.	.
.	.	.
13,13	13,14	13,15

LO QUE PROPORCIONA UN REQUERIMIENTO DE 6084/39=156 VECES MENOR EN STE EJEMPLO.

A MEDIDA QUE EL NUMERO DE NUDOS DE LA ESTRUCTURA SEA MAYOR, LA DIFERENCIA SE HACE MAS NOTORIA, Y EL EMPLEO DE UN SISTEMA DE BASE DE DAOS RESULTA IMPRESCINDIBLE.

SON CUATRO LAS FUNCIONES DE LOCALIZACION: "LU1F", "LU2F", "LU3F" Y LU4F", QUE PERMITEN UBICAR A CUALQUIER ELEMENTO DE UN VECTOR O MATRIZ DOS, TRES Y CUATRO DIMENSIONES RESPECTIVAMENTE, DENTRO DEL VECTOR DE ODOS LOS DATOS VEC[]. DICHO VECTOR ESTA SEGMENTADO MEDIANTE APUNTADOES CONTENIDOS EN LA MATRIZ DE[] Y CALCULADOS EN LA SUBRUTINA "CERO", DE AL FORMA QUE EXISTE UNA PORCION DEL MISMO PARA CADA UNA DE LAS MATRIES EMPLEADAS EN EL PROGRAMA.

EL ALMACENAMIENTO DE DICHOS ARREGLOS ES DE TIPO SECUENCIAL, POR LO
UE SE TIENE UNA CONFIGURACION DEL TIPO:

```
---------------------------------------------------------------------------------------------
 ARREGLO 1 | ARREGLO 2 | ARREGLO 3 | .............. | ARREGLO N |
---------------------------------------------------------------------------------------------
```

A SU VEZ, CADA ELEMENTO DE TODO ARREGLO ES ORDENADO SECUENCIALMEN-
E EN VEC[] A PARTIR DE LA PRIMERA POSICION DESIGNADA AL AREA DE MEMO-
IA DEL ARREGLO AL QUE PERTENECE. LOS INDICES DE CADA ELEMENTO SON UTI-
IZADOS PARA CALCULAR UNO Y SOLO UN VALOR QUE DETERMINA SU POSICION DE
CUERDO AL SIGUIENTE ALGORITMO:

PARA UN ARREGLO MAT[], DECLARADO DEL ORDEN:

MAT(D1,D2,D3,......,DN)

LA POSICION QUE OCUPA DENTRO DE VEC[] EL ELEMENTO

MAT(P1,P2,P3,......,PN)

ES CALCULADA COMO:

```
PRIM.POS.MAT + ( P1 - 1 )
             + D1 * ( P2 - 1 )
             + D1 * D2 * ( P3 - 1 )
             + . . . . .
             .
             .
             + D1 * D2 * D3 * ..... * D[N-1] * ( PN - 1 )
```

EN DONDE PRIM.POS.MAT. ES LA PRIMERA POSICION A PARTIR DE LA CUAL E ALMACENARA EL ARREGLO MAT[]. ASI POR EJEMPLO, SI SE DESEARA CALCULAR A POSICION DE UN ELEMENTO DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE UN MARCO PLANO DE 0 NUDOS Y UN SEMIANCHO DE BANDA IGUAL A 4, SIENDO PRIM.POS.RIG IGUAL A 46; TENIENDO EN CUENTA QUE EL TAMAÑO DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ PARA ESTE IPO DE ESTRUCTURAS ESTA DEFINIDO COMO:

RIG(NUMERO DE NUDOS, SEMIANCHO DE BANDA, 3, 3)

LA DEFINICION DE ESPACIO DE MEMORIA SERIA DEL ORDEN.

RIG(20, 4, 3, 3)

POR LO QUE LA POSICION DEL ELEMENTO (14, 4, 2, 3), PUEDE CALCU- ARSE COMO:

$$946 + (14-1) + 20(4-1) + 20*4(2-1) + 20*4*3(3-1) = 1579$$

SUBRUTINAS "ARMPLA" Y "ARMESP".

ESTAS SUBRUTINAS PERTENECIENTES AL SEGUNDO NIVEL DE LLAMADA SON TILIZADAS EN EL CALCULO DE ARMADURAS PLANAS Y ARMADURAS EN EL ESPACIO ESPECTIVAMENTE. DEBIDO A LAS CARACTERISTICAS QUE PRESENTAN ESTOS TIPOS E ESTRUCTURAS TALES COMO: FUERZAS APLICADAS EXCLUSIVAMENTE EN LOS NU- OS, UN SOLO ELEMENTO DE FUERZA (AXIAL) CON DIRECCION DEFINIDA (A LO ARGO DEL EJE LONGITUDINAL DE LA BARRA), MATRIZ DE RIGIDEZ DE UN SOLO LEMENTO NO NULO, MATRIZ DE ROTACION TIPO FILA, ETC, EL ALGORITMO DE NALISIS PARA SU SOLUCION DIFERIRA DEL EMPLEADO EN RETICULAS, MARCOS LANOS Y MARCOS EN EL ESPACIO.

LOS PARAMETROS "NA" Y "NF" SON EMPLEADOS EN ESTAS SUBRUTINAS PARA ESIGNAR EL NUMERO DE DIMENSIONES EN EL QUE SE ENCUENTRA LA ARMADURA PLANA O EN EL ESPACIO) Y EL NUMERO DE COMPONENTES DE FUERZA APLICADAS N LOS NUDOS.

NA = 2 ARMADURAS PLANAS

NA = 3 ARMADURAS EN EL ESPACIO

NF = 2 ARMADURAS PLANAS

NF = 3 ARMADURAS EN EL ESPACIO

SUBRUTINAS "RETI", "MARPLA" Y "MARESP".

EL ALGORITMO DE SOLUCION PARA RETICULAS, MARCOS PLANOS Y MARCOS EN ESPACIO ESTA REGIDO POR ESTAS SUBRUTINAS PERTENECIENTES AL SEGUNDO IVEL DE LLAMADA. EN ELLAS SE CALCULAN LA MATRIZ DE RIGIDEZ DIRECTA EN SISTEMA LOCAL REFERIDA AL EXTREMO -I- DE CADA UNO DE LOS ELEMENTO IJ- DE LA ESTRUCTURA, ASI COMO LA MATRIZ DE ROTACION REFERIDA AL EX- REMO -I- QUE SERA EMPLEADA EN LA TRANSFORMACION DE COORDENADAS DEL ISTEMA GLOBAL AL LOCAL Y VICEVERSA. PARALELAMANTE EN ESTAS SUBRUTINAS ON DEFINIDAS LAS MATRICES DE TRANSFORMACION "SIGN1", "SIGN2" Y SIGN3", NECESARIAS PARA LA OBTENCION DE:

-LA MATRIZ DE ROTACION REFERIDA AL EXTREMO -J- DE LA BARRA -IJ- A ARTIR DE SIGN1[] Y R[IJ], MEDIANTE LA ECUACION:

R[JI] = SIGN1[] * R[IJ]

-LA MATRIZ DE RIGIDEZ CRUZADA EN SISTEMA LOCAL REFERIDA AL EXTREMO I- DE LA BARRA -IJ- A PARTIR DE SIGN2[] Y _K[II:J], MEDIANTE LA ECUA- ION:

_K[IJ] = SIGN2[] * _K[II:J]

LA MATRIZ DE RIGIDEZ DIRECTA EN SISTEMA GLOBAL REFERIDA AL EXTREMO J- DE LA BARRA -IJ-, A PARTIR DE SIGN3[] Y _K[II:J], MEDIANTE LA ECUA- ION:

K[JJ:J] = SIGN3[] * _K[II:J]

SUBRUTINA "CERO".

ESTA SUBRUTINA TIENE COMO FINALIDAD EL CALCULO DEL AREA DE MEMORIA EQUERIDA PARA LA EJECUCION DEL PROGRAMA, ASI COMO LA DETERMINACION DE OS VALORES DE LOS APUNTADORES DEL SISTEMA DE BASE DE DATOS ALMACENADOS N LA MATRIZ D[]. DICHOS VALORES SON CALCULADOS EN FUNCION DEL ORDEN DE A MATRIZ, DEL SEMIANCHO DE BANDA, ASI COMO DEL NUMERO DE ELEMENTOS QUE A MISMA CONTENGA. EL ORDEN DE ALMACENAMIENTO DE DICHAS MATRICES ES EL OSTRADO EN LA FIGURA (15).

PLANO DE MEMORIAS DENTRO DE VEC[]

MATRIZ	SEG	LOCALIDAD	FUN	B
AREA	1	N*W	LU2F	S
MODULO DE ELASTICIDAD	2	N*W	LU2F	S
COORDENADAS DE NUDOS	3	N*W	LU2F	S
DESPLAZAMIENTO DE NUDOS	4	N*NA	LU2F	N
FUERZAS EXTERNAS	5	N*NF	LU2F	N
LONGITUD DE BARRA	6	N*W	LU2F	S
ROTACION	7	N*W*NA	LU3F	S
	"	N*NW*NA*NA	LU4F	"
MOMENTO DE INERCIA X	8	N*W	LU2F	S
MOMENTO DE INERCIA Y	9	N*W	LU2F	S
MOMENTO POLAR DE INERCIA	10	N*W	LU2F	S

MOD. ELAS. TRANSVERSAL	11	N*W	LU2F	S
RIGIDEZ CRUZADA (SIST. LOCAL)	12	N*W	LU2F	S
	"	N*W*NF*NF	LU4F	"
RIGIDEZ DIRECTA (SIST. GLOBAL)	13	N*W*NF*NF	LU4F	S
SISTEMA SIMULTANEO	14	CONTOR*W*NF*NF	LU2F	S
SIST. SIMULTANEO TRANSFORMADO	15	W	LU2F	S
COEFICIENTES DEL SISTEMA	16	CONTOR	LU1F	N
COEF. SISTEMA TRANSFORMADO	17	CONTOR	LU1F	N
RESULTADO DEL SISTEMA	18	CONTOR	LU1F	N
DESPLAZAMIENTOS NODALES	19	N*NF	LU1F	N
ELEMENTOS MECANICOS [IJ]	20	N*W	LU2F	S
	"	N*W*NF	LU3F	S
ELEMENTOS MECANICOS [JI]	21	N*W	LU2F	S
	"	N*W*NF	LU3F	S

FUERZAS EQUIVALENTES TOTALES IJ	22	N*W*NF	LU3F	S
FUERZAS EQUIVALENTES TOTALES JI	23	N*W*NF	LU3F	S
EXISTENCIA CONDICION ESPECIAL	24	N*W	LU2F	S
FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO TOTAL	25	N*NF	LU2F	N
FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO PARCIAL	26	N*NF	LU2F	N
FUERZA EQUIVALENTE PARCIAL IJ	27	N*W*NF	LU3F	S
FUERZA EQUIVALENTE PARCIAL JI	28	N*W*NF	LU3F	S

FIG (15)

NOTA: LA PENULTIMA COLUMNA (FUN) INDICA LA FUNCION DE LOCALIZACION
)N LA QUE SON CALCULADOS LOS APUNTADORES DE UNA MATRIZ DETERMINADA,
IENTRAS QUE LA ULTIMA COLUMNA (B) HACE REFERENCIA A SI ESTA ES (S) O
) (N) BANDEADA.

EN DONDE:

- N = NUMERO DE NUDOS DE LA ESTRUCTURA
- W = ANCHO MEDIO DE BANDA
- NA = NUMERO DE DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA

  NA=2 EN ARMADURAS PLANAS, MARCOS PLANOS Y RETICULAS

  NA=3 EN ARMADURAS Y MARCOS EN EL ESPACIO
- NF = NUMERO DE COMPONENTES DE LAS FUERZAS

  NF=2 EN ARMADURAS PLANAS

  NF=3 EN ARMADURAS EN EL ESPACIO, MARCOS PLANOS Y RETICULAS

  NF=6 EN MARCOS EN EL ESPACIO
- CONTOR = ANCHO MEDIO DE BANDA DEL SISTEMA SIMULTANEO REDUCIDO.

LA MATRIZ DE APUNTADORES D[] POSEE UN ORDEN DE: N.MAT * 4, EN DONDE N.MAT ES EL NUMERO DE MATRICES QUE SERAN ALMACENADOS EN EL VECTOR VEC[]. PARA UNA MATRIZ DE ORDEN N * W * NF * NF, LOS PARAMETROS ALMACENADOS EN LA MATRIZ DE APUNTADORES D[], SON LOS SIGUIENTES:

D(N.MAT,1) = MAGNITUD DE PRIMERA DIMENSION

D(N.MAT,2) = MAGNITUD DE SEGUNDA DIMENSION

D(N.MAT,3) = MAGNITUD DE TERCERA DIMENSION

D(N.MAT,4) = POSICION DENTRO DEL VECTOR VEC[] A PARTIR DEL CUAL SE ALMACENA N.MAT.

SUBRUTINA "UNO".

TIENE COMO FUNCION LA LECTURA DE LOS DATOS GENERALES EMPLEADOS EN CUALQUIER TIPO DE ANALISIS, TALES COMO LA GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA, CONDICIONES DE CONTORNO, MAGNITUD DE LAS FUERZAS APLICADAS EN LOS NUDOS PROPIEDADES DE BARRA (AREA, MODULO DE ELASTICIDAD DE YOUNG Y TRANS-

ERSAL, CONSTANTE DE TORSION, Y LOS MOMENTOS DE INERCIA CON RESPECTO A
OS EJES Y, Z).

LA SUBRUTINA UNO CALCULA LA LONGITUD DE CADA ELEMENTO CUYO MODULO E ELASTICIDAD SEA POSITIVO Y DIFERENTE DE CERO, EN FUNCION DE LAS CO-RDENADAS DE LOS NUDOS A LOS QUE ESTE CONCURRE.

DEBIDO A QUE EL VALOR DEL MODULO DE ELASTICIDAD DE UNA BARRA SOLO UEDE SER POSITIVO Y DIFERENTE DE CERO, EN LO SUCESIVO LA SEGUNDA MA-RIZ DENTRO DE VEC[] TENDRA UNA DOBLE FINALIDAD: ASIGNACION NUMERICA VALOR DEL -E-, DE LA BARRA) Y ASIGNACION LOGICA (EXISTENCIA O AUSENCIA E BARRA). CUALQUIER BARRA CUYO VALOR SEA NEGATIVO, ORIGINARA UN ERROR OGICO EN LA LECTURA DE DATOS, OCASIONANDO CON ELLO LA TRANSFERENCIA DE ONTROL AL PROGRAMA PRINCIPAL PARA SUSPENDER CALCULOS POSTERIORES.

SUBRUTINA "DOS".

ESTA SUBRUTINA ES EMPLEADA EXCLUSIVAMENTE POR LOS ANALISIS DE AR-ADURAS PLANAS Y ARMADURAS EN EL ESPACIO, POR RAZONES ANTERIORMENTE EX-LICADAS (VER SUBRUTINAS "ARMPLA" Y "ARMESP"). EL OBJETIVO DE ESTA SU-RUTINA ES EL DE REALIZAR EL ENSAMBLAJE DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA STRUCTURA MEDIANTE EL CALCULO DE LA RIGIDEZ DIRECTA DE BARRA _K[II;J]. NA VEZ DEFINIDA _K[II;J], ES TRASLADADA AL SISTEMA GLOBAL PARA REALI-AR EL ENSAMBLAJE DE K[], CON LO QUE SE PODRA CONFORMAR EL SISTEMA:

$$P[] = K[] * \Delta[]$$

POSTERIORMENTE EL CONTROL SALDRA DE ESTA SUBRUTINA AL SER LLAMADA A SUBRUTINA "TRES" Y NO VOLVERA HASTA NO HABER SIDO CALCULADOS LOS ESPLAZAMIENTOS NODALES CON LOS CUALES SE CALCULAN LOS ELEMENTOS MECA-ICOS DE LAS BARRAS Y LAS REACCIONES EN LOS APOYOS DE LA ESTRUCTURA.

SUBRUTINA "TRES".

EN ESTA SUBRUTINA SE LOGRA OBTENER LA CONFIGURACION FINAL DE LA CUACION MATRICIAL DE RIGIDEZ EN SISTEMA GLOBAL A PARTIR DE LAS CONDI- IONES DE CONTORNO Y LA ECUACION MATRICIAL DE RIGIDEZ TOTAL DE LA ES- RUCTURA MEDIANTE LA ELIMINACION DE AQUELLAS COLUMNAS Y RENGLONES EN ONDE LOS DESPLAZAMIENTOS DEL NODO SON CONOCIDOS.

LAS CONDICIONES DE APOYO PERMITEN DETERMINAR EN UN PRINCIPIO LOS ENTIDOS EN QUE SE ENCUENTRAN RESTRINGIDOS LOS DESPLAZAMIENTOS DE CIER- OS NODOS DE LA ESTRUCTURA, A PARTIR DE LOS CUALES SE CONSTRUYE LA MA- RIZ DE DESPLAZAMIENTOS NODALES (SEGMENTO NUMERO CUATRO DE VEC[]), QUE NDICA MEDIANTE "UNOS" Y "CEROS" LOS GRADOS DE LIBERTAD DEL NODO. CUAL- UIER VALOR DIFERENTE SUSPENDERA LA EJECUCION DEL PROGRAMA, YA QUE SE ONSIDERARA COMO DATO ERRONEO EN LAS CONDICIONES DE CONTORNO.

SUBRUTINA "CUATRO".

RESUELVE MEDIANTE UN ALGORITMO QUE TIENE COMO BASE EL METODO DE HOLESKY MODIFICADO, EL SISTEMA DE ECUACIONES REDUCIDO PROVENIENTE DE A SUBRUTINA "TRES".

SUBRUTINA "CINCO".

COMO SE HA DESCRITO CON ANTERIORIDAD, EN EL ANALISIS DE ESTRUCTU- AS ES NECESARIO REFERIR LAS RIGIDICES DE LOS ELEMENTOS EN UN SISTEMA OCAL Y EN UN SISTEMA GENERAL. EN LAS SUBRUTINAS DE SEGUNDO NIVEL MARPLA", "RETI" Y "MARESP" SE HAN CALCULADO LAS RIGIDECES DE BARRA DI- ECTA EN SISTEMA LOCAL _KE[I:J] PARA LOS MARCOS PLANOS, RETICULAS Y

ARCOS EN EL ESPACIO RESPECTIVAMENTE. LA SUBRUTINA CINCO TIENE COMO OB-
ETO TRASLADAR DICHAS MATRICES DE RIGIDEZ AL SISTEMA GENERAL DE COORDE-
ADAS AL SER PREMULTIPLICADAS POR TR[]. EL PRODUCTO RESULTANTE PREMUL-
IPLICARA A R[], PARA REALIZAR LA TRIPLE MULTIPLICACION MATRICIAL:

TR[] * K[] * R[]

QUE CONSTITUYE UN MIEMBRO DE LA ECUACION MATRICIAL DE RIGIDEZ DE
A ESTRUCTURA. PARA RETICULAS Y MARCOS PLANOS, LAS MATRICES R[] Y K[]
ON DE ORDEN 3X3, PERO EN EL CASO DE MARCOS EN EL ESPACIO K[] ES DEL
RDEN DE 6X6 MIENTRAS QUE R[] POSEE UN ORDEN DE 3X3, POR LO QUE ES NE-
ESARIO REALIZAR DICHA MULTIPLICACION MATRICIAL PARCIALMENTE DE ACUERDO
L SIGUIENTE PRODUCTO:

$$\left(\begin{array}{c|c} R[3X3] & 0 \\ \hline 0 & R[3X3] \end{array}\right)^{T}_{[6X6]} \left(\begin{array}{c} K \end{array}\right)_{[6X6]} \left(\begin{array}{c|c} R[3X3] & 0 \\ \hline 0 & R[3X3] \end{array}\right)_{[6X6]}$$

EN ESTA SUBRUTINA LOS PARAMETROS "C" Y "R" INDICAN LA COLUMNA Y EL
ENGLON SOBRE LOS QUE SE ESTA OPERANDO.

SUBRUTINA "SEIS".

ENSAMBLA LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA EN SISTEMA GLOBAL
[] A PARTIR DE _K[I1:J] Y K[I1:J]. LOS ELEMENTOS CORRESPONDIENTES A LA
IGIDEZ DE NODO DE K[] (DIAGONAL PRINCIPAL) PUEDEN DETERMINARSE COMO LA
UMA DENTRO DEL SEMIANCHO DE BANDA DE LAS RIGIDECES DE BARRA K[I1:J]
UE CONCURREN A DICHO NUDO. CABE ACLARAR QUE EN LA SUBRUTINA "CINCO"

OLO SI HA OBTENIDO LA MATRIZ K[J1:J] A PARTIR DE _K[I1:J], Y QUE ME-
IANTE EL USO DE TRANSFORMACIONES ELEMENTALES CONTENIDAS EN SIGN3[], ES
OSIBLE OBTENER A K[JJ:I] NECESARIA EN EL CALCULO DE K[]. EN LA EVALUA-
ION DE LAS MATRICES DE RIGIDEZ CRUZADA K[IJ] (ELEMENTOS FUERA DE LA
IAGONAL PRINCIPAL), FUERON PRIMERAMENTE CALCULADAS LAS MATRICES _K[JI]
PARTIR DE TRANSFORMACIONES ELEMENTALES SOBRE _K[II:J] AL MULTIPLICAR-
A POR LA MATRIZ SIGN2[]. EL EFECTO DEL PRODUCTO DE SIGN2[] POR
K[II:J] ES EL SIGUIENTE:

A) PARA MARCOS PLANOS Y RETICULAS:

- MULTIPLICAR LOS ELEMENTOS DE LAS DOS PRIMERAS COLUMNAS SOBRE TO-
OS LOS RENGLONES POR LA UNIDAD NEGATIVA.

- DIVIDIR EL ELEMENTO DE LA TERCERA COLUMNA, TERCER RENGLON ENTRE
OS.

B) PARA MARCOS EN EL ESPACIO:

- MULTIPLICAR LOS ELEMENTOS DE LAS CUATRO PRIMERAS COLUMNAS SOBRE
ODOS LOS RENGLONES POR LA UNIDAD NEGATIVA.

- DIVIDIR EL ELEMENTO DE LA QUINTA COLUMNA, QUINTO RENGLON Y SEXTA
OLUMNA SEXTO RENGLON ENTRE DOS.

POSTERIORMENTE LAS MATRICES _K[JI] FUERON TRANSLADADAS AL SISTEMA
LOBAL MEDIANTE UN ALGORITMO SEMEJANTE AL EMPLEADO EN LA SUBRUTINA
CINCO" EN EL CALCULO DE K[II:J].

CABE RECORDAR QUE LA FINALIDAD DE OBTENER A R[JI] COMO
IGN1[]*R[IJ], ES EL DE MANIPULAR UNA SOLA MATRIZ DE ROTACION POR BARRA
[], DE LAS DOS MATRICES POSIBLES CORRESPONDIENTES A CADA EXTREMO DE
ARRA R[IJ] Y R[JI].

SUBRUTINA "SIETE".

UNA VEZ QUE HAN SIDO CALCULADOS LOS DESPLAZAMIENTOS NODALES EN LOS
LOQUES DEL PROGRAMA ANTERIORES, LA SUBRUTINA "SIETE" EVALUA LOS ELE-
ENTOS MECANICOS DE TODAS LAS BARRAS EN SISTEMA LOCAL TENIENDO COMO BA-
E LA ECUACION:

_P[IJ] = _K[II:J] * R[IJ] * Δ[I] + _K[IJ] * R[JI] * Δ[J]

SUBRUTINA "OCHO".

ESTABLECE LA SECUENCIA DE LLAMADA DE AQUELLAS SUBRUTINAS NECESA-
IAS PARA REALIZAR EL CALCULO DE LAS ESTRUCTURAS QUE DIFIEREN EN LAS
ONDICIONES GENERALES DEL ANALISIS. ESTA SUBRUTINA LEE LAS MACROINS-
RUCCIONES CORRESPONDIENTES A LAS CONDICIONES ESPECIALES DE ANALISIS Y
OSTERIORMENTE CALCULA LOS APUNTADORES DE AQUELLOS VECTORES Y MATRICES
MPLEADOS EN DICHOS ANALISIS.

SUBRUTINA "NUEVE".

CALCULA LAS FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO Y LOS ELEMENTOS MECANICOS DE
QUELLAS BARRAS EN LAS QUE HA SIDO APLICADA UNA FUERZA A LO LARGO DE
AS MISMAS.

LEE LAS CARACTERISTICAS DE LAS FUERZAS APLICADAS EN LA BARRA I-J
EFERIDAS AL NUDO I PARA CALCULAR _P[IJ:E] MEDIANTE LA MATRIZ DE COEFI-
IENTES DE EMPOTRAMIENTO C[]. AL SER PREMULTIPLICADA _P[IJ:E] POR
R[IJ] ES TRASLADADA AL SISTEMA GENERAL DE COORDENADAS, EN DICHO SISTE-
A ES CALCULADA P[I:E] COMO LA SUMA DE LAS MATRICES P[IJ:E] QUE CONCU-
REN AL NUDO I. LA MISMA SECUENCIA DE CALCULO ES EFECTUADA AL REFERIR

AS CARGAS APLICADAS EN LAS BARRAS EN EL EXTREMO J PARA OBTENER P[JI:E] P[J:E].

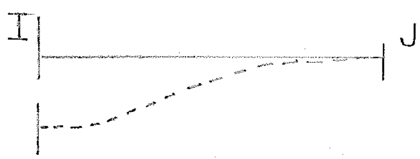
SUBRUTINA "DIEZ".

CALCULA LA MATRIZ DE COEFICIENTES DE EMPOTRAMIENTO PARA DIFERENTES IPOS DE CARGAS APLICADAS A LO LARGO DE LAS BARRAS. EN CASO DE QUE LA RSTRUCTURA ESTE SOMETIDA A ALGUN TIPO DE CARGA QUE NO HAYA SIDO CON- EMPLADA POR EL PROGRAMA, PUEDE INCLUIRSE EN LA SECCION "BLOCK DATA" LA ACROINSTRUCCION QUE LA RELACIONE, Y EN LA PRESENTE SUBRUTINA LAS EX- RESIONES QUE DETERMINEN A SUS CORRESPONDIENTES COEFICIENTES DE EMPO- RAMIENTO.

SUBRUTINA "ONCE".

CALCULA LOS ELEMENTOS MECANICOS DE LAS BARRAS ORIGINADOS POR LOS SENTAMIENTOS DE LOS APOYOS DE LA ESTRUCTURA. EL CALCULO EN ESTA SUBRU- INA DE DICHOS ELEMENTOS DEPENDERA DE LAS SIGUIENTES CONDICIONES DE POYO:

- A) ANALISIS PARA ASENTAMIENTOS DE APOYO -I- EN LA BARRA -IJ-



LOS ELEMENTOS MECANICOS DE LA BARRA -IJ- REFERIDOS AL EXTREMO -I-, ODRAN SER CALCULADOS COMO:

$${}_{}P[IJ:E] = {}_{}K[II:J] * R[IJ] * \Lambda[I]$$

YA QUE NO EXISTE LA COMPONENTE DE FUERZAS:

_K[IJ] * R[JI] * Δ[J]

AL CONSIDERAR AL NUDO -J- FIJO.

PUEDEN CALCULARSE LAS MAGNITUDES DE FUERZAS EN EL EXTREMO -J- CO-
O:

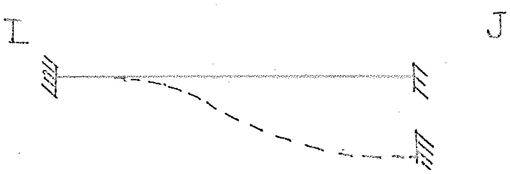
_P[JI:E] = _K[JI] * R[IJ] * Δ[I]

CONSIDERANDO NULO AL VALOR DEL PRODUCTO DE:

_K[II:J] * R[JI] * Δ[J]

COMO ANTERIORMENTE SE HA MENCIONADO, LAS MATRICES DE ROTACION [JI] DE LAS BARRAS NO SE HAN CALCULADO PARA REDUCIR LOS REQUERIMIENTOS E AREAS DE MEMORIA, PERO SON OBTENIDAS A PARTIR R[IJ] MEDIANTE LA MA-RIZ DE TRANSFORMACIONES SIGN1[] DEFINIDA EN LAS SUBRUTINAS "MARPLA", RETI" Y "MARESP".

-B) ANALISIS DE ASENTAMIENTOS DEL APOYO -J- EN LA BARRA -IJ-



PARA DETERMINAR LOS ELEMENTOS MECANICOS DE LA BARRA -IJ- CONSIDE-ANDO COMO APOYO AL EXTREMO -U-, ES NECESARIO TRASLADAR LOS ASENTAMIEN-OS A DICHO EXTREMO. LOS VALORES DE LAS FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO EN EL XTREMO -J- PUEDEN CALCULARSE COMO:

_P[JI:E] = _K[JJ:I] * R[JI] * Δ[J]

LOS ELEMENTOS MECANICOS EN EL EXTREMO -I- SON CALCULADOS COMO:

_P[IJ:E] = _K[IJ] * R[JI] * Δ[J]

SUBRUTINA "DOCE".

CALCULA LOS ELEMENTOS MECANICOS DE LAS BARRAS DEBIDAS A FALTA DE

JUSTE DE LA ESTRUCTURA. LA SUBRUTINA "DOCE" LEE LOS DESPLAZAMIENTOS EN ORDENADAS LOCALES QUE SE REQUIEREN INTRODUCIR AL EXTREMO -I- PARA CO-ECTARLO AL NUDO AL CUAL CONCURRE. CON DICHOS DESPLAZAMIENTOS SE CALCU-A A:

_P[IJ:E] = _K[II:J] *δ[I]

_P[JI:E] = _K[IJ] *δ[I]

SUBRUTINA "CATORCE".

CALCULA LOS ELEMENTOS MECANICOS DE LAS BARRAS SOMETIDAS A VARIA-IONES DE TEMPERATURA. DICHOS ELEMENTOS SON CALCULADOS COMO:

_P[IJ:E] = -_K[II:J] *δ[IJ]

_P[JI:E] = -_K[JJ:I] *δ[JI]

EN DONDE δ[IJ] Y δ[JI] SON LOS VECTORES DE DESPLAZAMIENTO DE LOS EX-REMOS DE LA BARRA DEBIDOS A CAMBIOS DE TEMPERATURA; SUS MAGNITUDES DE-ENDEN DE LA LONGITUD DE LA BARRA, DEL COEFICIENTE DE DILATACION DEL ATERIAL QUE LAS CONSTITUYE Y DEL PERALTE DE LAS MISMAS. LOS DESPLAZA-IENTOS PUEDEN CALCULARSE COMO:

δ(X) = α * (T1+T2) * L / 2

δ(Y) = -α * (T1-T2) * L * L / (2*H)

δ(θ) = -α * (T1-T2) * L / H

EN DONDE -H- REPRESENTA EL PERALTE DEL ELEMENTO, -T1- Y -T2- SON AS DIFERENTES VARIACIONES DE TEMPERATURA A LAS QUE ESTAN SUJETAS LAS ARRAS Y -α- ES EL COEFICIENTE DE DILATACION DE LAS MISMAS.

TOMANDO EN CUENTA LAS PROPIEDADES DE LAS MATRICES DE RIGIDEZ [II:J] PARA CADA UNO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURA, LA SUBRU-INA "CATORCE" SE HA DIVIDIDO EN TRES BLOQUES PARA REALIZAR EL ANALISIS E EFECTOS DE VARIACION DE TEMPERATURA EN MARCOS PLANOS, RETICULAS Y

ARCOS EN EL ESPACO, REALIZANDO EL PRODUCTO MATRICIAL _K[I,I:J] * δ[IJ] N FORMA EXPLICITA.

LA PRIMERA PARTE DE LA SUBRUTINA REALIZA LA LECTURA DE CONSTANTES COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA), VARIACIONES DE TEMPERATURA, ELE- ENTO QUE SUFRE DICHA VARIACION ASI COMO EL PERALTE DEL MISMO. EXISTE A OPCION DE LECTURA PARA CONDICIONES ESPECIALES DE ANALISIS EN DONDE ANTO LAS VARIACIONES DE TEMPERATURA, COEFICIENTES DE DILATACION Y PE- ALTE DE LOS ELEMENTOS PERMANECEN CONSTANTES PARA TODA LA ESTRUCTURA.

SUBRUTINA "QUINCE".

CALCULA LAS FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO DE LOS NUDOS COMO LA SUMA ECTORIAL (CON SIGNO OPUESTO) DE LOS ELEMENTOS MECANICOS DE LAS BARRAS RIGINADOS POR ASENTAMIENTO DE LOS APOYOS, FUERZAS APLICADAS A LO LARGO E LAS BARRAS, FALTA DE AJUSTE O VARIACIONES DE TEMPERATURA.

PARA REALIZAR DICHA SUMA, LOS ELEMENTOS MECANICOS SON TRANSFERIDOS L SISTEMA GENERAL DE COORDENADAS AL SER PREMULTIPLICADOS POR LA TRANS- UESTA DE LA MATRIZ DE ROTACION TR[].

SUBRUTINA "REAC".

CALCULA LAS REACCIONES DE LOS APOYOS DE LA ESTRUCTURA MEDIANTE EL QUILIBRIO DE FUERZAS INTERNAS DE TODAS LAS BARRAS QUE CONCURRAN A QUELLOS NODOS QUE TENGAN RESTRINGIDO SU DESPLAZAMIENTO EN CUALQUIER ENTIDO (LINEAL O ANGULAR).

SUBRUTINA "ESCRI".

IMPRIME CUALQUIER MATRIZ UTILIZADA EN EL ANALISIS INMEDIATAMENTE ESPUES DE QUE HAYA SIDO CALCULADA. LA IMPRESION DE MATRICES ES OPCIO- AL Y PUEDE REALIZARSE EN CASO DE QUE SE REQUIERA OBTENER INFORMACION NTERMEDIA A LA DE LOS RESULTADOS FINALES ESCRITOS POR DEFAULT.

PARA OPTIMIZAR LOS ESPACIOS DE IMPRESION, Y ATENDIENDO A LAS PRO- IEDADES DE BANDA Y DIMENSION, LOS ARREGLOS SE HAN DIVIDIDO EN LOS SI- UIENTES CINCO GRUPOS:

- VECTORES
- MATRICES BANDEADAS EN DOS DIMENSIONES
- MATRICES NO BANDEADAS EN DOS DIMENSIONES
- MATRICES BANDEADAS EN TRES DIMENSIONES
- MATRICES BANDEADAS EN CUATRO DIMENSIONES

EL FORMATO DE SALIDA ESTA DISEÑADO PARA ESCRIBIR 138 CARACTERES OR RENGLON. EN CASO DE QUE SE REQUIERA MODIFICAR DICHO NUMERO, SERA ECESARIO REEMPLAZAR LAS ETIQUETAS "FORMAT" QUE SE ENCUENTRAN EN LA RESENTE SUBRUTINA.

INSTRUCTIVO DEL PROGRAMA.

COMO SE MENCIONO EN LA SECCION "BONDADES DEL PROGRAMA", INCISO #6, FLUJO DE LAS TAREAS POR EJECUTAR DENTRO DEL ANALISIS DE LA ESTRUCTU- ES ESTABLECIDO POR MACROINSTRUCCIONES. DEBIDO A LAS CARACTERISTICAS ORGANIZACION Y FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA, LAS MACROINSTRUCCIONES HAN DIVIDIDO EN CINCO GRUPOS, MISMOS QUE TENDRAN QUE SER LEIDOS DEN- DEL CONJUNTO DE DATOS EN EL SIGUIENTE ORDEN:

- 1) DEFINICION DE ESCRITURA.
- 2) TIPO DE ESTRUCTURA.
- 3) PROPIEDADES, GEOMETRIA Y CONDICIONES DE CONTORNO.
- 4) CONDICIONES DE FUERZA.
- 5) TERMINO.

ES IMPORTANTE MENCIONAR QUE TODOS LOS DATOS SON LEIDOS CON FORMATO RE (SEPARADOS POR COMAS ",") Y QUE POR LO TANTO NO IMPORTA LOS CAM- QUE ESTOS OCUPEN DENTRO DE UN REGISTRO.

A CONTINUACION SE DESCRIBEN CADA UNO DE LOS BLOQUES ANTERIORES, COMO LAS MACROINSTRUCCIONES QUE LOS CONSTITUYEN.

-1) DEFINICION DE ESCRITURA.

PERMITE ESTABLECER LAS MATRICES QUE SE DESEAN IMPRIMIR DURANTE LA CUCION DEL PROGRAMA, TALES COMO LA MATRIZ DE RIGIDEZ, ROTACION, DES- ZAMIENTOS NODALES O CUALQUIER OTRA MATRIZ EMPLEADA EN EL PROGRAMA, A TIR DEL NUMERO DE SEGMENTO QUE OCUPAN DENTRO DE LA BASE DE DATOS DE- IDOS EN LA FIGURA (15). ESTE BLOQUE DE DATOS ES OPCIONAL, Y QUEDA INIDO POR LA MACROINSTRUCCION "ESCRI". LA ESTRUCTURA DEL BLOQUE ES SIGUIENTE:

ESCRI
NUMERO DE MATRICES A SER IMPRESAS
SEGMENTO, SEGMENTO, ... ,SEGMENTO

- 2) TIPO DE ESTRUCTURA.

EN ESTE BLOQUE SE DEFINE EL TIPO DE ESTRUCTURA QUE SERA ANALIZADA, SEA QUE ESTA SE TRATE DE UNA: ARMADURA PLANA ("ARMPLA"), ARMADURA EN ESPACIO ("ARMESP"), MARCO PLANO ("MARPLA"), RETICULA ("RETI") O MAR- EN EL ESPACIO ("MARESP"). EN ESTE CONJUNTO DE DATOS SE ESPECIFICA EL ERO DE NUDOS DE LA ESTRUCTURA -N-, EL SEMIANCHO DE BANDA -W- (IGUAL UNO MAS LA DIFERENCIA ENTRE LOS NUDOS MAS DISTANTES UNIDOS POR UNA RA), ASI COMO LAS PROPIEDADES DE AREA -A-, MODULO DE ELASTICIDAD O ULO DE YOUNG -E-, MODULO DE RIGIDEZ A CORTANTE -G-, CONSTANTE DE SION -J-, Y LOS MOMENTOS DE INERCIA CON RESPECTO A LOS EJES -Y- Y DESIGNADOS POR -IY- E -IZ- RESPECTIVAMENTE. EN CASO DE QUE ALGUNA ESTAS PROPIEDADES NO SEA LA MISMA EN TODAS LAS BARRAS, DEBERA DE IN- IRSE UN "1" EN SU POSICION CORRESPONDIENTE. LA DEFINICION DE ESTE GUE PARA CADA UNO DE LOS TIPOS DE ESTRUCTURA ES LA SIGUIENTE:

- ARMADURAS PLANAS:

ARMPLA

N, W, A, E

- ARMADURAS EN EL ESPACIO:

ARMESP

N, W, A, E

- MARCOS PLANOS:

MARPLA

N, W, E, IZ

- RETICULAS:

RETI

N, W, E, IY, J, G

- MARCOS EN EL ESPACIO:

MARESP

N, W, A, E, IZ, IY, J, G

-3) PROPIEDADES, GEOMETRIA Y CONDICIONES DE CONTORNO.

ESTE BLOQUE SE DIVIDE EN TRES DIFERENTES GRUPOS DE DATOS QUE EMZAN CON ALGUNAS DE LAS MACROINSTRUCCIONES "BARRAS", "COOR" O NTOR" DEPENDIENDO SI ELLOS CONTIENEN LAS PROPIEDADES DE BARRA, GEORIA DE LA ESTRUCTURA O CONDICIONES DE CONTORNO, Y TERMINAN CON UN ISTRO NULO. LOS TRES GRUPOS DE DATOS PUEDEN SER LEIDOS DENTRO DEL SENTE BLOQUE EN CUALQUIER ORNDEN, SIENDO LA ESTRUCTURA DE CADA UNO ELLOS LA SIGUIENTE:

- PROPIEDADES DE BARRA: ESTE GRUPO ES IDENTIFICADO DENTRO DEL CONTO DE DATOS POR LA MACROINSTRUCCION "BARRAS"; EN EL SE ESPECIFICA EL O INFERIOR Y SUPERIOR DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS EXISTENTES DE LA RUCTURA, ASI COMO LOS VALORES CORRESPONDIENTES A SUS PROPIEDADES DE A, MODULO DE ELASTICIDAD, MODULO DE RIGIDEZ Y MOMENTOS DE INERCIA, ACUERDO AL ORDEN DEFINIDO PARA CADA UNO DE ELLOS EN EL SEGUNDO BLODE DATOS. PARA INDICAR QUE UNA PROPIEDAD PERMANECE CONSTANTE EN TOLAS BARRAS DE LA ESTRUCTURA, DEBERA COLOCARSE EL NUMERO "1" EN SU AR CORRESPONDIENTE.

- GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA: LA GEOMETRIA DE LA ESTRUCTURA SE DEE EN ESTA SECCION DE DATOS MEDIANTE LA MACROINSTRUCCION "COOR", SEDA DE LAS COORDENADAS DE TODOS LOS NUDOS DE LA ESTRUCTURA DE ACUERDO SIGUIENTE ORDEN:

- ESTRUCTURAS EN EL PLANO:

R

0, COORDENADA X, COORDENADA Y

⋮ ⋮

0, COORDENADA X, COORDENADA Y

0, 0

- ESTRUCTURAS EN EL ESPACIO:

R

0, COORDENADA X, COORDENADA Y, COORDENADA Z

⋮ ⋮ ⋮

0, COORDENADA X, COORDENADA Y, COORDENADA Z

, 0, 0

DEEE OBSERVARSE QUE LOS ELEMENTOS DEL REGISTRO NULO COLOCADO AL AL DEL CONJUNTO DE DATOS, TIENEN UN VALOR DE CERO. ES OPCIONAL EL EN EN QUE SE LEEN LOS DATOS: CRECIENTE, DECRECIENTE O CUALQUIER OTRO EN EN ESPECIAL; SIN EMBARGO, DEBERAN DE SER LEIDAS LAS COORDENADAS TODOS LOS NUDOS DE LA ESTRUCTURA, EN CASO CONTRARIO, SE ORIGINARA UN OR QUE SUSPENDERA LA EJECUCION DEL PROGRAMA.

- CONDICIONES DE CONTORNO: ESTE BLOQUE DIFIERE DE LOS DEMAS GRUPOS DATOS YA QUE LOS VALORES QUE EN EL SE ESPECIFICAN SON CUALITATIVOS. IANTE "0" O "1", SE INDICA SI EL DESPLAZAMIENTO DE UN NUDO ESTA O NO A RESTRINGIDO. LA MACROINSTRUCCION CORRESPONDIENTE A ESTE GRUPO DE OS ES "CONTCR", Y LA ESTRUCTURA DEL GRUPO ES LA SIGUIENTE:

- ARMADURAS PLANAS:

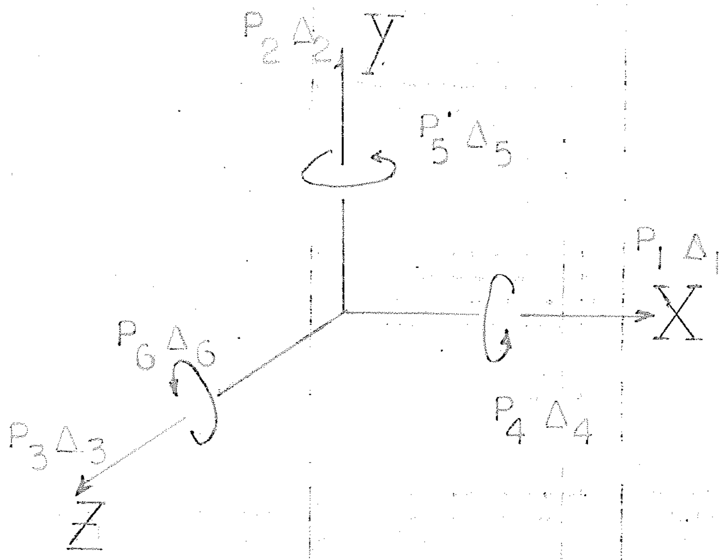
TOR
0, CD(1), CD(2)
⋮ ⋮
0, CD(1), CD(2)
0, 0

- ARMADURAS EN EL ESPACIO:

TOR
0, CD(1), CD(2), CD(3)
⋮ ⋮ ⋮
0, CD(1), CD(2), CD(3)
0, 0, 0

- MARCOS PLANOS:

TOR
0, CD(1), CD(2), CD(6)
⋮ ⋮ ⋮
0, CD(1), CD(2), CD(6)
0, 0, 0



- RETICULAS:

TOR
0, CD(3), CD(4), CD(5)
⋮ ⋮ ⋮
0, CD(3), CD(4), CD(5)
0, 0, 0

- MARCOS EN EL ESPACIO:

TOR
0, CD(1), CD(2), CD(3), CD(4), CD(5), CD(6)
⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮ ⋮
0, CD(1), CD(2), CD(3), CD(4), CD(5), CD(6)
0, 0, 0, 0, 0, 0

EN EL PRINCIPIO DEL PROGRAMA SE ASUME QUE TODOS LOS NUDOS DE LA RUCTURA TIENEN LIBERTAD DE MOVIMIENTO TANTO LINEAL COMO ANGULAR, POR QUE SOLO SERA NECESARIO DEFINIR EN ESTE CONJUNTO DE DATOS LAS CONDINES DE CONTORNO DE AQUELLOS NUDOS QUE SEAN APOYOS.

- 4) CONDICIONES DE FUERZA.

LA LECTURA DE ESTE BLOQUE PERMITE DEFINIR LAS FUERZAS EXTERNAS QUE UAN SOBRE LA ESTRUCTURA. DEPENDIENDO SI LAS FUERZAS ESTAN APLICADAS LUSIVAMENTE EN LOS NUDOS O NO, ESTA SECCION DE DATOS SE DIVIDE EN DOS SIGUIENTES GRUPOS:

- FUERZAS APLICADAS EXCLUSIVAMENTE EN LOS NUDOS: ESTE ES EL CASO ERAL DE ANALISIS Y QUEDA DEFINIDO DENTRO DEL CONJUNTO DE DATOS POR MACROINSTRUCCION "FUERZA". PARA INCLUIR LAS COMPONENTES DE FUERZA ACTUAN SOBRE LOS NUDOS DE LA ESTRUCTURA, DEBERA DE RESPETARSE EL UIENTE ORDEN:

- ARMADURAS PLANAS:

```
RZA
C, P(1), P(2)
   :     :
C, P(1), P(2)
C, O
```

- ARMADURAS EN EL ESPACIO:

```
RZA
C, P(1), P(2), P(3)
   :     :     :
C, P(1), P(2), P(3)
C, O, O
```

- MARCOS FLANOS:

RZA

O, P(1), P(2), P(6)

O, P(1), P(2), P(6)

0, 0, 0

- RETICULAS:

RZA

O, P(3), P(4), P(5)

O, P(3), P(5), P(6)

0, 0, 0

- MARCOS EN EL ESPACIO:

RZA

O, P(1), P(2), P(3), P(4), P(5), P(6)

O, P(1), P(2), P(3), P(4), P(5), P(6)

0, 0, 0, 0, 0, 0

- CONDICIONES ESPECIALES DE FUERZA: EN ESTA SECCION DEFINIDA POR MACROINSTRUCCION "OPCION", SE ESPECIFICAN AQUELLAS FUERZAS O EFECTOS ERNOS QUE ACTUAN SOBRE LA ESTRUCTURA SIN ESTAR NECESARIAMENTE APLI-AS EN LOS NUDOS DE LA MISMA, COMO SON LOS PRODUCIDOS POR: HUNDIMIEN- DE APOYOS, EFECTOS DE VARIACION TERMICA, FALTA DE AJUSTE EN LA ES-CTURA, O BIEN CARGAS APLICADAS SOBRE LAS BARRAS.

- FALTA DE AJUSTE DE LA ESTRUCTURA: EN ESTE BLOQUE SE INDICAN LOS PLAZAMIENTOS QUE, POR ERRORES DE FABRICACION, TIENEN QUE SER INTRO-IDOS EN LOS EXTREMOS DE ALGUNAS DE LAS BARRAS PARA COMPLETAR LA CO-ION CON SU NUDO CORRESPONDIENTE. LA MACROINSTRUCCION DE ESTE GRUPO "AJUSTE", Y SU CONFIGURACION ES LA SIGUIENTE:

STE
C INFERIOR, NUDO SUPERIOR, δ[]
: : :
C INFERIOR, NUDO SUPERIOR, δ[]
0, 0[]

EN DONDE δ[] ES EL VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS EN SISTEMA LOCAL ORI-ADO POR LA FALTA DE AJUSTE DE LA ESTRUCTURA Y 0[] ES UN VECTOR NULO POSEE EL MISMO NUMERO DE COMPONENTES DE δ[].

-EFECTOS POR VARIACION TERMICA: ESTE BLOQUE DE DATOS ESTA DEFINIDO LA MACROINSTRUCCION "TEMPER" Y DEPENDIENDO SI EL EFECTO DE VARIA-N TERMICA ES CONSTANTE O VARIA PARA CADA UNO DE LOS MIEMBROS DE LA RUCTURA, PRESENTA ALGUNA DE LAS DOS SIGUIENTES MODALIDADES:

VARIACION TERMICA CONSTANTE EN TODAS LAS BARRAS:

PER
, α, PERALTE, 1

VARIACION TERMICA DIFERENTE EN CADA UNA DE LAS BARRAS:

PER
, α, 1, 0
O INF., NUDO SUP., T[], α, PERALTE
: : : : :
O INF., NUDO SUP., T[], α, PERALTE
0, 0[], 0, 1

EN DONDE -α- ES EL COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA, I[] ES UN TOR UNITARIO QUE POSEE EL MISMO NUMERO ELEMENTOS QUE T[], Y T[] ES VECTOR QUE CONTIENE LAS VARIACIONES DE TEMPERATURA SUPERIOR E INFE-R EN LOS ELEMENTOS DE LOS MIEMBROS DE MARCOS PLANOS, LAS TEMPERATU-DE LAS CARAS +Z Y -Z DE LOS ELEMENTO DE RETICULAS, Y SUPERIOR, IN-IOR +Z Y -Z EN EL CASO DE MARCOS EN EL ESPACIO.

- HUNDIMIENTO DE APOYOS: LA MACROINSTRUCCION QUE DISTINGUE A ESTE
FO DE DATOS ES "ASENTA", Y LA ESTRUCTURA DEL MISMO ES LA SIGUIENTE:

```
NTA
CYO, △[]
  :
CYO, △[]
[]
```

EN DONDE △[] ES EL VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS EN SISTEMA GLOBAL GINADO POR EL HUNDIMIENTO DEL APOYO EN CUESTION.

- FUERZAS EN LAS BARRAS: LA MACROINSTRUCCION "FUEBAR" PERMITE DE-IR LA ACCION DE FUERZAS EXTERNAS QUE ACTUAN SOBRE LOS ELEMENTOS DE ESTRUCTURA. EL CONJUNTO DE DATOS EN ESTA SECCION TOMA LA SIGUIENTE MA:

```
BAR
O INFERIOR, NUDO SUPERIOR, TIPO, A, B, P[]
     :            :          :    :  :   :
O INFERIOR, NUDO SUPERIOR, TIPO, A, B, P[]
0, 0, 0, 0, 0[]
```

EN DONDE LOS PARAMETROS -TIPO-, -A-, Y -B-, ESTAN DEFINIDOS PARA ERENTES TIPOS DE CARGAS EN LA FIGURA (12) Y P[] ES EL VECTOR DE LAS NITUDES DE LAS COMPONENTES DE FUERZAS EN EL SISTEMA GLOBAL.

UNA VEZ LEIDO EL CUARTO BLOQUE DE DATOS PARA LAS CONDICIONES DE GA DE UN PROBLEMA, DEBERA DE INCLUIRSE LA MACROINSTRUCCION "CALCU" LA QUE SE INICIARA EL ANALISIS DE LA ESTRUCTURA.

EL BLOQUE "CONDICIONES DE FUERZA", PODRA REPETIRSE DENTRO DEL CON-TO DE DATOS, EN CASO DE QUE SE REQUIERA ANALIZAR LA ESTRUCTURA BAJO ACCION DE MAS DE UN CONJUNTO DE CARGAS.

- 5) TERMINO.

EL FIN DE LA EJECUCION DEL PROGRAMA SE LLEVA A CABO CON LA MA-INSTRUCCION "FIN".

```
ESET FREE
LE   5(KIND=DISK,FILETYPE=7,TITLE="DATOS")
LE   6(KIND=REMOTE,MAXRECSIZE=22)
****************************************************************************

                          PROGRAMA PRINCIPAL

       DECLARA ATRIBUTOS DEL PROGRAMA Y AREAS COMUNES DE MEMORIA.
       SELECCIONA SUBRUTINAS MAESTRAS PARA EL ANALISIS DE ARMADURAS.
****************************************************************************

             ***** DECLARACION DE AREAS COMUNES DE MEMORIA *****

      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF,SIGN1(6,6),SIGN2(6,6)
     *,SIGN3(6,6),IANA
      COMMON/BLOCK2/ D(120),DIM,NWA,EXIST,CONTOR
      COMMON/BLOCK3/ NN,YMAX,OPCION,RECAL
      COMMON/BLOCK4/ CON(19),OP(10),NCAR,REDIM
      COMMON/BLOCK5/ ARE,ELA,SS,SY,SOJ,SG
      COMMON/BLOCK6/ ESC(30),PESC,VN,VA,VB,VC
      COMMON/BLOCK7/ ESTRU,I,J,TIPO,A,B,CC(6,6)
      COMMON/BLOCK8/ CONS(3),FUEBAR(6,2),WW(6,2)
      COMMON/BLOCK9/ AUX(6),AUX1(6),AUX2(6)
      DIMENSION DON(3),KRES(30)

   ***** ASIGNACON DEL VALOR MAXIMO DE MEMORIA EN EL VECTOR VEC[] *****

      DIM=40000

              ***** ELECCION DE SUBRUTINAS MAESTRAS *****

      IANA=1
      WRITE(6,55) IANA
   55 FORMAT(30X,"ANALISIS # ",I2,4(/))
    1 READ(5,2) CINS
    2 FORMAT(A6)
      DO 4 I=1,30
      IF(CINS.NE.CON(I)) GO TO 4
      GO TO 5
    4 CONTINUE
      GO TO 111
    5 EXIST=I
      GO TO (6,7,8,9,10,11,11,11,16,11,19,11,12,13,14),EXIST
    6 ESTRU=4
      CALL ARMFLA
      GO TO 1
    7 ESTRU=3
      CALL ARMESP
      GO TO 1
    8 ESTRU=1
      CALL MARPLA
      GO TO 1
    9 ESTRU=2
      CALL RETI
      GO TO 1
```

```
10  ESTRU=3
    CALL MARESP
    GO TO 1
16  RECAL=1
    GO TO 68
19  RECAL=2
68  DO 17 I=D(20)+1,D(24)
17  VEC(I)=0
    DO 18 I=D(64)+1,NWA
18  VEC(I)=0
    NCAR=0
    IANA=IANA+1
    WRITE(6,56) IANA
56  FORMAT(1H1,30X,"ANALISIS # ",I2,4(/))
    GO TO (8,9,10,6,7),ESTRU
    GO TO 1

                  ***** ELECCION DE DESTINO DE IMPRESION *****

12  READ(5,20) (DON(I),I=1,3)
20  FORMAT(2A6,A5)
    CHANGE(5,TITLE=DON)
    GO TO 1
13  READ(5,20) (DON(I),I=1,2)
    IF(DON(1).EQ."IMPRES".AND.DON(2).EQ."ORA   ") CHANGE(7,KIND=7)
    IF(DON(1).EQ."TERMIN".AND.DON(2).EQ."AL    ") CHANGE(6,KIND=3)
    GO TO 1
14  READ(5,/) NR
    READ(5,/) (KRES(I),I=1,NR)
    DO 15 KI=1,NR
15  ESC(KRES(KI))=1.0
    GO TO 1
111 WRITE(6,112) CINS

 ***** DIRECTORIO DE ERRORES COMETIDOS DURANTE LA EJECUCION *****

112 FORMAT(6(/),10X,"LA INSTRUCCION ",A6," NO SE RECONOCIO")
11  STOP
    END
```

```
*******************************************************************
                                        BLOCK DATA

      CONTIENE LOS NOMBRES DE LAS INSTRUCCIONES QUE DEFINEN LAS TAREAS
 POR EJECUTAR.
*******************************************************************

      COMMON/BLOCK4/ CON(19)
      DATA CON/"ARMPLAARMESPMARPLARETI  MARESPFIN   BARRASCONTORFUERZACO
     *OR  OPCIONCALCU ARCHI IMPRE ESCRI FUEBARASENTATEMPERAJUSTE"/
      END

*******************************************************************
                                        FUNCIONES DE LOCALIZACION

      CALCULA LA POSICION DE LOS ELEMENTOS DENTRO DEL VECTOR VEC[], DE
 LOS VECTORES Y MATRICES EMPLEADAS EN EL PROGRAMA.
*******************************************************************
                                        FUNCTION LU1F(M,I)
      COMMON/BLOCK2/ D(120),DIM
      PCS=M*4-4
      LU1F=D(POS+4)+I
 00   RETURN
      END
                                        FUNCTION LU2F(M,I,J,P)
      COMMON/BLOCK2/ D(120),DIM
      PCS=M*4-4
      LU2F=D(POS+4)+I+D(POS+1)*(J-P)
 00   RETURN
      END
                                        FUNCTION LU3F(M,I,J,K)
      COMMON/BLOCK2/ D(120),DIM
      POS=M*4-4
      LU3F=D(POS+4)+I+D(POS+1)*((J-I)+D(POS+2)*(K-1))
 00   RETURN
      END
                                        FUNCTION LU4F(M,I,J,K,L)
      COMMON/BLOCK2/ D(120),DIM
      PCS=M*4-4
      LU4F=D(PCS+4)+I+D(POS+1)*((J-I)+D(POS+2)*((K-1)+D(POS+3)*(L-1)))
 00   RETURN
      END
```



```
************************************************************************
                          SUBROUTINE ARMPLA

          ESTABLECE LA SECUENCIA PRINCIPAL DE LLAMADA DE LAS SUBRUTINAS
     EMPLEADAS EN EL ANALISIS DE ARMADURAS PLANAS.
************************************************************************

      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF
      COMMON/BLOCK3/ NN,YMAX,OPCION,RECAL
      NA=2
      NF=2

        *****      TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "CERO"        *****
        ***** ESCRITURA DE LAS CONDICIONES INICIALES DEL PROBLEMA *****

      CALL CERO
      IF(RECAL.EQ.0) GO TO 1

           ***** TRANSFERENCIA CONDICIONADA A SUBRUTINA "UNO" *****

      CALL UNO(0)
      GO TO 28
    1 WRITE(6,2)
    2 FORMAT(///,18X,"MATRIZ DE COORDENADAS",16X,"MATRIZ DE FUERZAS",
     *8X,"CONTORNO",//,10X,"NUDO",6X,"COOR X",6X,"COOR Y",10X,"FZA X",
     *10X,"FZA Y",6X,"DX",5X,"DY",/)
      DO 3 I=1,N
    3 WRITE(6,4) I,(VEC(LU2F(3,I,J,1)),J=1,2),(VEC(LU2F(5,I,J,1)
     *          ),J=1,2),(VEC(LU2F(4,I,J,1)),J=1,2)
    4 FORMAT(9X,I3,1X,2(3X,F9.2),1X,2(6X,F10.2),2(6X,I1))

             ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "DOS" *****

   28 CALL DOS
  300 RETURN
      END
```

```
***************************************************************************
                         SUBROUTINE ARMESP

     ESTABLECE LA SECUENCIA PRINCIPAL DE LLAMADA DE LAS SUBRUTINAS
 EMPLEADAS EN EL ANALISIS DE ARMADURAS EN EL ESPACIO.
***************************************************************************

   COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF
   COMMON/BLOCK3/ NN,YMAX,OPCION,RECAL
   NA=3
   NF=3

      *****   TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "CERO"    *****
      ***** ESCRITURA DE CONDICIONES INICIALES DEL PROGRAMA *****

   CALL CERO
   IF(RECAL.EQ.0) GO TO 4

      ***** TRANSFERENCIA CONDICIONADA A SUBRUTINA UNO *****

   CALL UNO(0)
   GO TO 28
 4 WRITE(6,1)
 1 FORMAT(///,24X,"MATRIZ DE COORDENADAS",23X,"MATRIZ DE FUERZAS",
  117X,"CONDICIONES DE CONTORNO",//,10X,"NUDO",6X,"COOR X",6X,
  *"COOR Y",6X,"COOR Z",10X,"FZA X",10X,"FZA Y",10X,"FZA Z",6X,
  3"DX",5X,"DY",5X,"DZ",/)
   DO 2 I=1,N
 2 WRITE(6,3) I,(VEC(LU2F(3,I,J,1)),J=1,3),(VEC(LU2F(5,I,J,1)),J=1,3)
  *,(VEC(LU2F(4,I,J,1)),J=1,3)
 3 FORMAT(9X,I3,1X,3(3X,F9.2),1X,3(6X,F10.2),3(6X,I1))

      ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "DOS" *****

28 CALL DOS
[illegible] RETURN
   END
```

```
C*********************************************************************
C                       SUBROUTINE MARFLA
C
C        ESTABLECE LA SECUENCIA PRINCIPAL DE LLAMADA DE LAS SUBRUTINAS
C     EMPLEADAS EN EL ANALISIS DE MARCOS PLANOS.
C        CALCULA LA MATRIZ DE ROTACION Y RIGIDEZ DIRECTA EN SISTEMA
C     LOCAL DE LA ESTRUCTURA.
C*********************************************************************
C
      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF,SIGN1(6,6),SIGN2(6,6)
     *,SIGN3(6,6)
      COMMON/BLOCK3/ NN,YMAX,OPCION,RECAL
      COMMON/BLOCK6/ EST(30),PESC,VN,VA,VB,VC
      NA=2
      NF=3
C
C           *****   TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "CERO"    *****
C           ***** ESCRITURA DE CONDICIONES INICIALES DEL PROBLEMA *****
C
      CALL CERO
      IF(RECAL.EQ.0) GO TO 978
C
C***TRANSFERENCIA CONDICIONADA A SUBRUTINAS "UNO", "OCHO" Y "TRES" ****
C
      CALL UNO(0)
      IF(OPCION.EQ.1) CALL OCHO
      CALL TRES
      GO TO 28
  978 WRITE(6,1)
    1 FORMAT(///,18X,"MATRIZ DE COORDENADAS",18X,"MATRIZ DE FUERZAS",13X
     1,"CONDICIONES DE CONTORNO",//,10X,"NUDO",6X,"COOR X",6X,"COOR Y",
     210X,"FZA X",10X,"FZA Y",10X,"MTO Z",6X,"DX",5X,"DY",5X,"GZ",/)
      DO 5 I=1,N
    5 WRITE(6,300) I,(VEC(LU2F(3,I,J,1)),J=1,2),(VEC(LU2F(5,I,J,1)),J=1,
     13),(VEC(LU2F(4,I,J,1)),J=1,3)
  300 FORMAT(9X,I3,1X,2(3X,F9.2),1X,3(6X,F10.2),3(6X,I1))
      WRITE(6,30)
   30 FORMAT(///)
C
C           ***** CALCULO DE LA MATRIZ DE ROTACION Y RIGIDEZ *****
C           *****           DIRECTA EN SISTEMA LOCAL          *****
C
    4 DO 40 I=1,N-1
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 40 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 40,40,2
    2 R=VEC(LU2F(6,I,J,I))
      CONS=VEC(LU2F(2,I,J,I))*VEC(LU2F(8,I,J,I))/R
   24 DO 22 K=1,3
      DO 22 L=1,3
      VEC(LU4F(7,I,J,K,L))=0
   22 VEC(LU4F(12,I,J,K,L))=0
      VEC(LU4F(12,I,J,1,1))=VEC(LU2F(2,I,J,I))*VEC(LU2F(1,I,J,I))/R
```

```
      VEC(LU4F(12,I,J,2,2))=12*CONS/(R*R)
      VEC(LU4F(12,I,J,2,3))=-6*CONS/R
      VEC(LU4F(12,I,J,3,2))=VEC(LU4F(12,I,J,2,3))
      VEC(LU4F(12,I,J,3,3))=4*CONS
      VEC(LU4F(7,I,J,1,1))=(VEC(LU2F(3,I,1,1))-VEC(LU2F(3,J,1,1)))/R
      VEC(LU4F(7,I,J,1,2))=(VEC(LU2F(3,I,2,1))-VEC(LU2F(3,J,2,1)))/R
      VEC(LU4F(7,I,J,2,1))=-VEC(LU4F(7,I,J,1,2))
      VEC(LU4F(7,I,J,2,2))=VEC(LU4F(7,I,J,1,1))
      VEC(LU4F(7,I,J,3,3))=1
40    CONTINUE
      IF(ESC(7).NE.1) GOTO 51
      PESC=6
      VN=7
      CALL ESCRI
51    IF(ESC(12).NE.1) GOTO 52
      PESC=6
      VN=12
      WRITE(6,53)
53    FORMAT(//,"MATRIZ DE RIGIDEZ CALCULADA EN SUBRUTINA MARPLA",//)
      CALL ESCRI

       *****  CALCULO DE COEFICIENTES PARA OBTENER A  *****
       *****            R[JI] = SIGN1 * R[IJ]         *****
       *****            K[IJ] = SIGN2 * K[II:J]       *****
       *****          K[JJ:I] = SIGN3 * K[II:J]       *****

52    SIGN1(1,1)=-1
      SIGN1(1,2)=-1
      SIGN1(2,1)=-1
      SIGN1(2,2)=-1
      SIGN1(3,3)= 1
      SIGN2(1,1)=1
      SIGN2(2,2)=1
      SIGN2(2,3)=1
      SIGN2(3,2)=1
      SIGN2(3,3)=0.5
      SIGN3(1,1)=1
      SIGN3(1,2)=1
      SIGN3(1,3)=-1
      SIGN3(2,1)=1
      SIGN3(2,2)=1
      SIGN3(2,3)=-1
      SIGN3(3,1)=-1
      SIGN3(3,2)=-1
      SIGN3(3,3)=1

        *****  TRANSFERENCIA CONDICIONADA A SUBRUTINA "OCHO"  *****

      IF(OPCION.EQ.1) CALL OCHO

         *****  TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "CINCO"  *****

      CALL CINCO

 *****  TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINAS "SEIS" Y "SIETE"  *****
 *****                ESCRITURA DE PROPIEDADES DE BARRA              *****
```

```
      CALL SEIS
   28 CALL SIETE
      WRITE(6,1201)
  201 FORMAT(6(/),10X,"BARRA",7X,"LONG",8X,"AREA",6X,"MOD ELAS",
     *6X,"MTO INERCIA",/)
      DO 23 I=1,N-1
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 23 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 23,23,108
   08 WRITE(6,109) I,J,VEC(LU2F(6,I,J,I)),VEC(LU2F(1,I,J,I)),
     *VEC(LU2F(2,I,J,I)),VEC(LU2F(8,I,J,I))
   09 FORMAT(10X,I2,"-",I2,2(3X,F9.2),2(3X,E12.4))
   23 CONTINUE

          ***** ESCRITURA DE ELEMENTOS MECANICOS DE LA ESTRUCTURA *****

      WRITE(6,1204)
  204 FORMAT(5(/),20X,"PROPIEDADES DE BARRA Y ELEMENTOS MECANICOS",/)
      WRITE(6,10)
   10 FORMAT(8X,"BARRA",7X,"FZA AXIAL",8X,"FZA CORTANTE",5X,"MTO FL
     *EXIONANTE",/)
      DO 11 I=1,N
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 11 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 11,11,320
  320 WRITE(6,326) I,J,(VEC(LU3F(20,I,J,K)),K=1,3)
      WRITE(6,326) J,I,(VEC(LU3F(21,I,J,K)),K=1,3)
  326 FORMAT(8X,I2,"-",I2,2X,F14.4,2(6X,F14.4))
   11 CONTINUE
      CALL REAC
  000 RETURN
      END
```

```
************************************************************************
                       SUBROUTINE RETI
      ESTABLECE LA SECUENCIA PRINCIPAL DE LLAMADA DE LA SUBRUTINAS
EMPLEADAS EN EL ANALISIS DE RETICULAS.
      CALCULA LA MATRIZ DE ROTACION Y RIGIDEZ DIRECTA EN SISTEMA
LOCAL DE LA ESTRUCTURA.
************************************************************************

      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF,SIGN1(6,6),SIGN2(6,6)
     *,SIGN3(6,6)
      COMMON/BLOCK3/ NN,YMAX,OPCION,RECAL
      COMMON/BLOCK6/ ESC(30),PESC,VN,VA,VB,VC
      NA=2
      NF=3

      *****     TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "CERO"        *****
      ***** ESCRITURA DE LAS CONDICIONES INICIALES DEL PROBLEMA *****

      CALL CERO
      IF(RECAL.EQ.0) GO TO 978
*** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINAS "UNO", "OCHO" Y "TRES" ****

      CALL UNO(0)
      IF(OPCION.EQ.1) CALL OCHO
      CALL TRES
      GO TO 28
978   WRITE(6,199)
199   FORMAT(///,13X,"MATRIZ DE COORDENADAS",18X,"MATRIZ DE FUERZAS",
     113X,"CONDICIONES DE CONTORNO",//,10X,"NUDO",6X,"COOR X",6X,
     2"COOR Y",10X,"FZA Z",10X,"MTO X",10X,"MTO Y",6X,"GZ",6X,"GX",
     36X,"GY",/)
      DO 5 I=1,N
    5 WRITE(6,3) I,(VEC(LU2F(3,I,J,1)),J=1,2),
     *(VEC(LU2F(5,I,J,1)),J=1,3),(VEC(LU2F(4,I,J,1)),J=1,3)
    3 FORMAT(9X,I3,1X,2(3X,F9.2),2X,3(5X,F10.2),3(7X,I1))
      WRITE(6,30)
   30 FORMAT(///)

           ***** CALCULO DE LAS MATRICES DE ROTACION Y RIGIDEZ *****
           *****            DIRECTA EN SISTEMA LOCAL             *****

    4 DO 74 I=1,N-1
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 74 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 74,74,2
    2 R=VEC(LU2F(6,I,J,I))
      CONS=VEC(LU2F(2,I,J,I))*VEC(LU2F(8,I,J,I))/R
      DO 16 K=1,3
      DO 16 L=1,3
      VEC(LU4F(7,I,J,K,L))=0
   16 VEC(LU4F(12,I,J,K,L))=0
```

```
      VEC(LU4F(12,I,J,1,1))=12*CONS/(R*R)
      VEC(LU4F(12,I,J,1,3))=6*CONS/R
      VEC(LU4F(12,I,J,2,2))=VEC(LU2F(11,I,J,I))*VEC(LU2F(10,I,J,I))/R
      VEC(LU4F(12,I,J,3,1))=VEC(LU4F(12,I,J,1,3))
      VEC(LU4F(12,I,J,3,3))=4*CONS
      VEC(LU4F(7,I,J,1,1))=1
      VEC(LU4F(7,I,J,2,2))=(VEC(LU2F(3,I,1,1))-VEC(LU2F(3,J,1,1)))/R
      VEC(LU4F(7,I,J,2,3))=(VEC(LU2F(3,I,2,1))-VEC(LU2F(3,J,2,1)))/R
      VEC(LU4F(7,I,J,3,2))=-VEC(LU4F(7,I,J,2,3))
      VEC(LU4F(7,I,J,3,3))=VEC(LU4F(7,I,J,2,2))
74    CONTINUE
      IF(ESC(7).NE.1) GOTO 51
      PESC=6
      VN=7
      CALL ESCRI
51    IF(ESC(12).NE.1) GOTO 52
      PESC=6
      VN=12
      CALL ESCRI

       ***** CALCULO DE COEFICIENTES PARA OBTENER A *****
       *****             R[JI] = SIGN1 * R[IJ]         *****
       *****             K[IJ] = SIGN2 *-K[II:J]       *****
       *****          K[JJ:I] = SIGN3 *-K[II:J]        *****

52    SIGN1(1,1)= 1
      SIGN1(2,2)=-1
      SIGN1(2,3)=-1
      SIGN1(3,2)=-1
      SIGN1(3,3)=-1
      SIGN2(1,1)=-1
      SIGN2(1,3)=-1
      SIGN2(2,2)=1
      SIGN2(3,1)=-1
      SIGN2(3,3)=-0.5
      SIGN3(1,1)=1
      SIGN3(1,2)=-1
      SIGN3(1,3)=-1
      SIGN3(2,1)=-1
      SIGN3(2,2)=1
      SIGN3(2,3)=1
      SIGN3(3,1)=-1
      SIGN3(3,2)=1
      SIGN3(3,3)=1

         ***** TRANSFERENCIA CONDICIONADA A SUBRUTINA "OCHO" *****

      IF(OPCION.EQ.1) CALL OCHO

           ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "CINCO" *****

      CALL CINCO

 ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINAS "SEIS" Y "SIETE" *****
 *****             ESCRITURA DE PROPIEDADES DE BARRA              *****
```

```
      CALL SEIS
   28 CALL SIETE
      WRITE(6,1201)
 1201 FORMAT(6(/),10X,"BARRA",7X,"LONG",5X,"MOD ELAS",5X,
     *"MTO INERCIA",6X,"MOD RIG",7X,"C TORSION",/)
      DO 23 I=1,N-1
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 23 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 23,23,108
  108 WRITE(6,109) I,J,VEC(LU2F(6,I,J,I)),VEC(LU2F(2,I,J,I)),
     *VEC(LU2F(8,I,J,I)),VEC(LU2F(11,I,J,I)),VEC(LU2F(10,I,J,I))
  109 FORMAT(10X,I2,"-",I2,2(3X,F9.2),4(3X,E12.4))
   23 CONTINUE

       ***** ESCRITURA DE ELEMENTOS MECANICOS DE LA ESTRUCTURA *****

      WRITE(6,1205)
 1205 FORMAT(5(/),"PROPIEDADES DE BARRA Y ELEMENTOS MECANICOS",/)
      WRITE(6,10)
   10 FORMAT(8X,"BARRA",4X,"FZA CORTANTE",5X,"MTO TORSIONANTE"
     1,5X,"MTO FLEXIONANTE",/)
      DO 11 I=1,N
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 11 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 11,11,320
  320 WRITE(6,326) I,J,(VEC(LU3F(20,I,J,K)),K=1,3)
      WRITE(6,326) J,I,(VEC(LU3F(21,I,J,K)),K=1,3)
  326 FORMAT(8X,I2,"-",I2,2X,F14.4,2(6X,F14.4))
   11 CONTINUE
      CALL REAC
  000 RETURN
      END
```

```
************************************************************************
                         SUBROUTINE MARESP

      ESTABLECE LA SECUENCIA PRINCIPAL DE LLAMADA DE LAS SUBRUTINAS
EMPLEADAS EN EL ANALISIS DE MARCOS EN EL ESPACIO.
      CALCULA LA MATRIZ DE ROTACION Y RIGIDEZ DIRECTA EN SISTEMA
LOCAL DE LA ESTRUCTURA.
************************************************************************

      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF,SIGN1(6,6),SIGN2(6,6)
     *,SIGN3(6,6)
      COMMON/BLOCK3/ NN,YMAX,OPCION,RECAL
      COMMON/BLOCK6/ ESC(30),PESC,VN,VA,VB,VC
      NA=3
      NF=6

         *****   TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "CERO"     *****
         ***** ESCRITURA DE CONDICIONES INICIALES DEL PROBLEMA *****

      CALL CERO
      IF(RECAL.EQ.0) GO TO 978

*** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINAS "UNO", "OCHO" Y "TRES" ****

      CALL UNO(0)
      IF(OPCION.EQ.1) CALL OCHO
      CALL TRES
      GO TO 28
978   WRITE(6,1)
1     FORMAT(///,24X,"MATRIZ DE COORDENADAS",16X," CONDICIONES DE CONTOR
     1NO",//,10X,"NUDO",6X,"COOR X",6X,"COOR Y",6X,"COOR Z",6X,"DX",
     25X,"DY",5X,"DZ",5X,"GX",5X,"GY",5X,"GZ",/)
      DO 5 I=1,N
5     WRITE(6,3) I,(VEC(LU2F(3,I,J,1)),J=1,3),(VEC(LU2F(4,I,J,1)),J=1,6)
3     FORMAT(9X,I3,1X,3(3X,F9.2),1X,6(6X,I1))
      WRITE(6,4)
4     FORMAT(6(/),36X,"MATRIZ DE FUERZA",//,6X,"NUDO",8X,"FZA X",
     18X,"FZA Y",8X,"FZA Z",8X,"MTO X",8X,"MTO Y",8X,"MTO Z",/)
      DO 7 I=1,N
7     WRITE(6,6) I,(VEC(LU2F(5,I,J,1)),J=1,6)
6     FORMAT(6X,I3,1X,6F13.2)

            ***** CALCULO DE MATRICES DE ROTACION Y RIGIDEZ *****
            *****          DIRECTA EN SISTEMA LOCAL          *****

      DO 17 I=1,N-1
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 17 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 17,17,2
2     R=VEC(LU2F(6,I,J,I))
      CNZ=VEC(LU2F(2,I,J,I))*VEC(LU2F(8,I,J,I))/R
      CNY=VEC(LU2F(2,I,J,I))*VEC(LU2F(9,I,J,I))/R
      VEC(LU4F(12,I,J,1,1))=VEC(LU2F(2,I,J,I))*VEC(LU2F(1,I,J,I))/R
```

```
      VEC(LU4F(12,I,J,2,2))=12*CNZ/(R*R)
      VEC(LU4F(12,I,J,2,6))=-6*CNZ/R
      VEC(LU4F(12,I,J,3,3))=12*CNY/(R*R)
      VEC(LU4F(12,I,J,3,5))=6*CNY/R
      VEC(LU4F(12,I,J,4,4))=VEC(LU2F(11,I,J,I))*VEC(LU2F(10,I,J,I))/R
      VEC(LU4F(12,I,J,5,3))=6*CNY/R
      VEC(LU4F(12,I,J,5,5))=4*CNY
      VEC(LU4F(12,I,J,6,2))=-6*CNZ/R
      VEC(LU4F(12,I,J,6,6))=4*CNZ

***** VERIFICACION DE PARALELISMO ENTRE LOS EJES _X & Z *****

      IF(VEC(LU2F(3,I,1,1))-VEC(LU2F(3,J,1,1))) 99,124,99
 24   IF(VEC(LU2F(3,I,2,1))-VEC(LU2F(3,J,2,1))) 99,123,99
 23   IF(VEC(LU2F(3,I,3,1))-VEC(LU2F(3,J,3,1))) 12,12,111
 11   VEC(LU4F(7,I,J,1,3))=1
      VEC(LU4F(7,I,J,2,2))=1
      GC TO 8
 12   VEC(LU4F(7,I,J,1,3))=-1
      VEC(LU4F(7,I,J,2,2))=-1
  8   VEC(LU4F(7,I,J,3,1))=-1
      GC TO 17
 99   CL=(VEC(LU2F(3,I,1,1))-VEC(LU2F(3,J,1,1)))/R
      CM=(VEC(LU2F(3,I,2,1))-VEC(LU2F(3,J,2,1)))/R
      CN=(VEC(LU2F(3,I,3,1))-VEC(LU2F(3,J,3,1)))/R
      D=(CL*CL+CM*CM)**0.5
      VEC(LU4F(7,I,J,1,1))=CL
      VEC(LU4F(7,I,J,1,2))=CM
      VEC(LU4F(7,I,J,1,3))=CN
      VEC(LU4F(7,I,J,2,1))=-CM/D
      VEC(LU4F(7,I,J,2,2))=CL/D
      VEC(LU4F(7,I,J,3,1))=-CL*CN/D
      VEC(LU4F(7,I,J,3,2))=-CN*CM/D
      VEC(LU4F(7,I,J,3,3))=D
 17   CONTINUE
      IF(ESC(7).NE.1) GO TO 51
      PESC=6
      VN=7
      NF=3
      CALL ESCRI
      NF=6
 51   IF(ESC(12).NE.1) GO TO 52
      PESC=6
      VN=12
      WRITE(6,58)
 58   FORMAT(//,"MATRIZ DE RIGIDEZ CALCULADA EN SUBRUTINA MARESP",//)
      CALL ESCRI

      ***** CALCULO DE COEFICIENTES PARA OBTENER A *****
      *****            R[J I] = SIGN1 * R[IJ]          *****
      *****            K[IJ] = SIGN2 * K[II:J]         *****
      *****          K[JJ:I] = SIGN3 * K[II:J]         *****

 52   SIGN1(1,1)=-1
      SIGN1(1,2)=-1
      SIGN1(1,3)=-1
```

```
      SIGN1(2,1)=-1
      SIGN1(2,2)=-1
      SIGN1(3,1)= 1
      SIGN1(3,2)= 1
      SIGN1(3,3)= 1
      SIGN2(1,1)= 1
      SIGN2(2,2)= 1
      SIGN2(2,6)= 1
      SIGN2(3,1)=-1
      SIGN2(3,5)=-1
      SIGN2(4,4)= 1
      SIGN2(5,5)=-1
      SIGN2(5,3)=-0.5
      SIGN2(6,2)= 1
      SIGN2(6,6)=0.5
      DO 53 IS=1,3
      DO 53 JS=1,3
      SIGN3(IS,JS)=1
      SIGN3(IS+3,JS+3)=1
      SIGN3(IS+3,JS)=-1
   53 SIGN3(IS,JS+3)=-1

         ***** TRANSFERENCIA CONDICIONADA A SUBRUTINA "OCHO" *****

      IF(OPCION.EQ.1) CALL OCHO

            ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "CINCO" *****

      CALL CINCO

 ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINAS "SEIS" Y "SIETE" *****
        ***** ESCRITURA DE PROPIEDADES DE BARRA *****

      CALL SEIS
   28 CALL SIETE
      WRITE(6,1202)
 1202 FORMAT(5(/),50X,"PROPIEDADES DE BARRA",//)
      WRITE(6,1201)
 1201 FORMAT(4X,"BARRA",2X,"LONGITUD",5X,"AREA",5X,"MOD ELAS",5X
     *,"MOD RIG",C TORSION",6X,"MTO IY",6X,"MTO IZ",/)
      DO 23 I=1,N-1
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 23 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 23,23,108
  108 WRITE(6,109) I,J,VEC(LU2F(6,I,J,I)),VEC(LU2F(1,I,J,I)),
     *VEC(LU2F(2,I,J,I)),VEC(LU2F(11,I,J,I)),VEC(LU2F(10,I,J,I)),
     *VEC(LU2F(8,I,J,I)),VEC(LU2F(9,I,J,I))
  109 FORMAT(4X,I2,"-",I2,2F10.4,5E12.4)
   23 CONTINUE

        ***** ESCRITURA DE ELEMENTOS MECANICOS DE LA ESTRUCTURA *****

      WRITE(6,1203)
 1203 FORMAT(5(/),50X,"ELEMENTOS MECANICOS",//)
      WRITE(6,10)
```

```
 10  FORMAT(5X,"BARRA",8X,"FZA X",9X,"FZA Y",9X,"FZA Z",
    *9X,"MTO X",9X,"MTO Y",9X,"MTO Z",/)
     DO 11 I=1,N-1
     LS=I+W-1
     DO 11 J=I+1,LS
     IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 11,11,320
320  WRITE(6,326) I,J,(VEC(LU3F(20,I,J,K)),K=1,6)
     WRITE(6,326) J,I,(VEC(LU3F(21,I,J,K)),K=1,6)
326  FORMAT(5X,I2,"-",I2,6F14.4)
 11  CONTINUE
     CALL REAC
300  RETURN
     END
```

```
***********************************************************************************
                                   SUBROUTINE CERO

       CALCULA LOS APUNTADORES DEL VECTOR VEC[] EMPLEADOS EN EL
  SISTEMA DE BASE DE DATOS.
       CALCULA EL AREA DE MEMORIA REQUERIDA EN EL ANALISIS.
***********************************************************************************

       COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF
       COMMON/BLOCK2/ D(120),DIM,NWA,EXIST,CONTOR
       COMMON/BLOCK3/ NN,YMAX,OPCION,RECAL
       COMMON/BLOCK5/ ARE,ELA,SS,SY,SOJ,SG
       COMMON/BLOCK6/ ESC(30),PESC
       IF(RECAL.NE.0) RETURN

               ***** LECTURA DE CONSTANTES DEL ANALISIS *****

       GO TO (11,11,12,13,14), EXIST
  11   READ(5,/) N,W,ARE,ELA
       GO TO 20
  12   READ(5,/) N,W,ARE,ELA,SS
       GO TO 20
  13   READ(5,/) N,W,ELA,SS,SOJ,SG
       GO TO 20
  14   READ(5,/) N,W,ARE,ELA,SS,SY,SOJ,SG

                    ***** CALCULO DE APUNTADORES *****

  20   DO 1 I=1,109,4
   1   D(I)=N
       NW=N*W
       NFN=NF*N
       NAN=NA*N
       NWA=0
       D(4)=NWA
       NWA=NWA+NW
       D(8)=NWA
       NWA=NWA+NW
       D(12)=NWA
       NWA=NWA+NAN
       D(16)=NWA
       NWA=NWA+NFN
       D(20)=NWA
       NWA=NWA+NFN
       D(24)=NWA
       NWA=NWA+NW
       D(28)=NWA
       D(26)=W
       GO TO (2,2,4,6,6),EXIST
   2   NWA=NWA+NA*NW
       D(32)=NWA
       D(48)=NWA
       NWA=NWA+NW
       D(52)=NWA
       NWA=NWA+NW*NF*NF
```

```
      D(56)=NWA
      GO TO 9
    4 NWA=NWA+NF*NF*NW
      D(32)=NWA
      NWA=NWA+NW
      D(36)=NWA
      D(48)=NWA
      GO TO 8
    6 NWA=NWA+5*NW
      D(32)=NWA
      NWA=NWA+NW
      D(36)=NWA
      IF(EXIST.EQ.5) NWA=NWA+NW
      D(40)=NWA
      NWA=NWA+NW
      D(44)=NWA
      NWA=NWA+NW
      D(48)=NWA
    8 D(46)=W
      D(47)=NF
      D(27)=3
      NWA=NWA+NF*NF*NW
      D(52)=NWA
      NWA=NWA+NF*NF*NW
      D(56)=NWA
    9 D(50)=W
      D(51)=NF

          ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "UNO" PARA *****
          ***** EL CALCULO DEL CONTORNO DEL SISTEMA SIMULTANEO  *****

      CALL UNO(0)
      D(53)=CONTOR
      D(60)=NWA
      D(57)=CONTOR
      NWA=NWA+CONTOR*W*NF
      D(64)=NWA
      D(61)=CONTOR
      NWA=NWA+CONTOR
      D(68)=NWA
      NWA=NWA+CONTOR
      D(72)=NWA
      NWA=NWA+CONTOR
      D(76)=NWA
      D(78)=W
      D(82)=W
      NWA=NWA+NFN
      D(80)=NWA
      NWA=NWA+NW*NF
      IF(EXIST.LE.2) GO TO 10
      D(84)=NWA
      NWA=NWA+NW*NF
      D(88)=NWA

           ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "UNO" *****
```

```
10  CALL UNQ(1)
    IF(ESC(25).NE.1) GO TO 1000
    PESC=1
    CALL ESCRI
1000 RETURN
    END
```

```
*******************************************************************************
                              SUBROUTINE UNO(PARAM)

    LEE CONDICIONES INICIALES DEL PROBLEMA, CALCULA LA LONGITUD DE
BARRA Y LA MAGNITUD DEL SISTEMA SIMULTANEO.
    VERIFICA LA MEMORIA DISPONIBLE PARA EL ANALISIS.
*******************************************************************************

      DIMENSION AUX(8)
      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF
      COMMON/BLOCK2/ D(120),DIM,NWA,EXIST,CONTOR
      COMMON/BLOCK3/ NN,YMAX,OPCION,RECAL
      COMMON/BLOCK4/ CON(19)
      COMMON/BLOCK5/ ARE,ELA,SS,SY,SOJ,SG
      COMMON/BLOCK6/ ESC(30),PESC,VN,VA,VB,VC
      GO TO (73,23,83),RECAL+1
 73   IF(PARAM.EQ.1) GO TO 40
      NW=N*W
 24   READ(5,2) CINS
  2   FORMAT(A6)
      DO 30 I=1,6
      IF(CINS.NE.CON(I+6)) GO TO 30
      GO TO 31
 30   CONTINUE
      GO TO 50
 31   GO TO (21,22,23,35,83,34),I
 21   GO TO (116,116,118,119,220), EXIST

   ***** LEE PROPIEDADES DE BARRA: AREA, MODULO DE ELASTICIDAD, *****
   *****            MODULO DE TORSION Y MOMENTO DE INERCIA      *****

 16   READ(5,/) (AUX(I),I=1,4)
      IF(AUX(1)) 16,24,16
 18   READ(5,/) (AUX(I),I=1,5)
      IF(AUX(1)) 18,24,18
 19   READ(5,/) AUX(1),AUX(2),AUX(4),AUX(5),AUX(7),AUX(8)
      IF(AUX(1)) 19,24,19
 20   READ(5,/) (AUX(I),I=1,8)
      IF(AUX(1)) 20,24,20
 20   VEC(LU2F(9,AUX(1),AUX(2),AUX(1)))=AUX(6)
 19   VEC(LU2F(10,AUX(1),AUX(2),AUX(1)))=AUX(7)
      VEC(LU2F(11,AUX(1),AUX(2),AUX(1)))=AUX(8)
 18   VEC(LU2F(8,AUX(1),AUX(2),AUX(1)))=AUX(5)
 16   VEC(LU2F(2,AUX(1),AUX(2),AUX(1)))=AUX(4)
      IF(EXIST.EQ.4) GO TO 21
      VEC(LU2F(1,AUX(1),AUX(2),AUX(1)))=AUX(3)
      GO TO 21

              ****** LEE CONDICIONES DE CONTORNO *****

 22   DO 25 I=D(16)+1,D(20)
 25   VEC(I)=1
 27   READ(5,/) NUD,(AUX(I),I=1,NF)
      IF(NUD.EQ.0) GO TO 240
```

```
      DO 86 I=1,NF
   86 VEC(LU2F(4,NUD,I,1))=AUX(I)
      GO TO 27
  240 IF(ESC(4).NE.1) GO TO 24
      PESC=4
      VN=4
      VB=NF
      CALL ESCRI
      GO TO 24

                *****  LEE FUERZAS EXTERNAS  *****

   23 DO 54 I=D(20)+1,D(24)
   54 VEC(I)=0
   72 READ(5,7) NUD,(AUX(I),I=1,NF)
      IF(NUD.EQ.0) GO TO 241
      DO 26 I=1,NF
   26 VEC(LU2F(5,NUD,I,1))=AUX(I)
      GO TO 72
  241 IF(ESC(5).NE.1) GO TO 24
      PESC=4
      VN=5
      VB=NF
      CALL ESCRI
      GO TO 24

                *****  LEE COORDENADAS DE NUDO  *****

   35 NUDCON=0
   49 READ(5,7) NUD,(AUX(I),I=1,NA)
      IF(NUD.NE.0) GO TO 36
      IF(NUDCON.EQ.N) GO TO 242
      GO TO 37
   36 NUDCON=NUDCON+1
      DO 48 I=1,NA
   48 VEC(LU2F(3,NUD,I,1))=AUX(I)
      GO TO 49
  242 IF(ESC(3).NE.1) GO TO 24
      PESC=4
      VA=N
      VB=NA
      VN=3
      CALL ESCRI
      GO TO 24

    *****  ACTIVA BANDERA PARA LLAMADO DE SUBRUTINA OCHO  *****

   83 OPCION=1

      *****  CALCULA NUMERO DE DESPLAZAMIENTOS NO NULOS Y VERIFICA  *****
      *****          LA MEMORIA REQUERIDA EN EL ANALISIS             *****

   34 IF(RECAL.NE.0) RETURN
      PS=N*NF
      CONTOR=0
      SON=2*NW+N*NA
```

```
      DO 4 I=1,PS
      IF(VEC(SCN+I)) 13,4,3
    3 CONTOR=CONTOR+1
    4 CONTINUE
      RETURN
   40 IF(NWA.GE.DIM) GO TO 9

***** MULTIFLICA EL VECTOR DE AREA Y PARAMETROS DE ELASTICIDAD    *****
*****                     POR SUS CONSTANTES                      *****

      NC=0
      NW=N*W
      IF(ESTRU.NE.2) GO TO 55
      DO 56 I=1,N
      DO 56 J=1,W
      NC=NC+1
   56 VEC(NC)=VEC(NC)*ELA
      GO TO 57
   55 DO 5 I=1,N
      DO 5 J=1,W
      NC=NC+1
      VEC(NC)=VEC(NC)*ARE
    5 VEC(NC+NW)=VEC(NC+NW)*ELA
   57 IF(ESC(1).NE.1) GO TO 299
      PESC=3
      VN=1
      VA=N
      VE=W
      CALL ESCRI
  299 IF(ESC(2).NE.1) GO TO 300
      PESC=3
      VN=2
      VA=N
      VE=W
      CALL ESCRI
  300 IF(EXIST.LT.3) GO TO 59
      NC=D(32)
      DO 60 I=1,N
      DO 60 J=1,W
      NC=NC+1
   60 VEC(NC)=VEC(NC)*SS
      IF(ESC(8).NE.1) GO TO 301
      PESC=3
      VN=8
      VA=N
      VE=W
      CALL ESCRI
  301 IF(EXIST.LT.4) GO TO 59
      NC=D(40)
      DO 61 I=1,N
      DO 61 J=1,W
      NC=NC+1
      VEC(NC)=VEC(NC)*SG
   61 VEC(NC+NW)=VEC(NC+NW)*SOJ
      IF(ESC(10).NE.1) GO TO 302
      PESC=3
```

```
      VN=10
      VA=N
      VE=W
      CALL ESCRI
  302 IF(ESC(11).NE.1) GO TO 303
      PESC=3
      VA=N
      VE=W
      VN=11
      CALL ESCRI
  303 IF(EXIST.LT.5) GO TO 59
      NC=D(36)
      DO 62 I=1,N
      DO 62 J=1,W
      NC=NC+1
   62 VEC(NC)=VEC(NC)*SY
      IF(ESC(9).NE.1) GO TO 59
      PESC=3
      VN=9
      VA=N
      VB=W
      CALL ESCRI

                 ***** CALCULA LONGITUD DE BARRA *****

   59 DO 8 I=1,N
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 8 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 11,8,6
    6 DO 7 K=1,NA
    7 DIS=(VEC(LU2F(3,I,K,1))-VEC(LU2F(3,J,K,1)))**2+DIS
      VEC(LU2F(6,I,J,I))=DIS**0.5
      DIS=0
    8 CONTINUE
      IF(ESC(6).NE.1) GO TO 97
      VN=6
      PESC=3
      VA=N
      VE=W
      CALL ESCRI
   97 RETURN

 ***** DIRECTORIO DE ERRORES COMETIDOS DURANTE LA EJECUCION *****

    9 WRITE(6,10) NWA
   10 FORMAT(6(/),5X,"ERROR POR FALTA DE ESPACIO EN MEMORIA. PARA EFECTU
     *AR EL ANALISIS DIMENSIONAR VEC(",I8,")")
      GO TO 15
   11 WRITE(6,12)
   12 FORMAT(6(/),30X,"ERROR DE PERFORACION EN AREA DE LAS BARRAS")
      GO TO 15
   13 WRITE(6,14)
   14 FORMAT(6(/),30X,"ERROR DE PERFORACION EN CONDICIONES DE CONTORNO")
      GO TO 15
   37 WRITE(6,38) NUDCON
```

```
38 FORMAT(6(/),20X,"ERROR POR FALTA DE COORDENADAS DE LOS NUDOS. SOLO
  * FUERON LEIDOS ",I5,"NUDOS")
   GO TO 15
50 WRITE(6,51) CINS
51 FORMAT(6(/),10X,"LA INSTRUCCION ",A6," NO SE RECONOCIO")
15 STOP
100 RETURN
   END
```

```
************************************************************************
                        SUBROUTINE DOS

      CALCULA LA MATRIZ DE ROTACION Y RIGIDEZ EN SISTEMA LOCAL DE
COORDENADAS EN EL ANALISIS DE ARMADURAS PLANAS Y ARMADURAS EN
EL ESPACIO.
      TRANSFIERE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DEL SISTEMA LOCAL AL GLOBAL
Y CALCULA LA RIGIDEZ DE NUDO.
      CALCULA LOS ELEMENTOS MECANICOS DE LA ARMADURA A PARTIR DE LOS
DESPLAZAMIENTOS NODALES.
************************************************************************

      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF
      COMMON/BLOCK2/ D(120)
      COMMON/BLOCK3/ NN,YMAX,OPCION,RECAL
      COMMON/BLOCK6/ ESC(30),PESC,VN,VA,VB,VC
      DIMENSION WW(6)

        ***** CALCULO DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ EN SISTEMA LOCAL *****

      IF(RECAL.NE.0) GO TO 30
      DO 4 I=1,N
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 4 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 4,4,1
    1 IAUX=LU2F(6,I,J,I)
      VEC(LU2F(12,I,J,I))=VEC(LU2F(1,I,J,I))*VEC(LU2F(2,I,J,I))/
     *VEC(IAUX)

              ***** CALCULO DE LA MATRIZ DE ROTACION *****

      DO 2 K=1,NF
    2 VEC(LU3F(7,I,J,K))=(VEC(LU2F(3,I,K,1))-VEC(LU2F(3,J,K,1)))/
     *                    VEC(IAUX)
*** TRANSFIERE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DEL SISTEMA LOCAL AL GLOBAL *****

      DO 3 K=1,NF
      DO 3 L=1,NF
    3 VEC(LU4F(13,I,J,K,L))=VEC(LU3F(7,I,J,K))*VEC(LU3F(7,I,J,L)
     *)*                       VEC(LU2F(12,I,J,I))*(-1)
    4 CONTINUE

        ***** CALCULO DE RIGIDEZ DE NUDO EN SISTEMA GLOBAL *****

      DO 7 I=1,N
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 7 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 7,7,5
    5 DO 6 K=1,NF
      DO 6 L=1,NF
      RAUX=LU4F(13,I,I,K,L)
```

```
      CAUX=LU4F(13,J,J,K,L)
      RCAUX=VEC(LU4F(13,I,J,K,L))
      VEC(RAUX)=VEC(RAUX)-RCAUX
    6 VEC(CAUX)=VEC(CAUX)-RCAUX
    7 CONTINUE
      IF(ESC(7).NE.1) GO TO 50
      PESC=5
      VN=7
      VA=N
      VB=W
      VC=NA
      CALL ESCRI
   50 IF(ESC(12).NE.1) GO TO 51
      PESC=3
      VN=12
      VB=W
      VA=N
      CALL ESCRI
   51 IF(ESC(13).NE.1) GO TO 30
      VN=13
      PESC=6
      VB=W
      VC=NF
      CALL ESCRI

            ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "TRES" *****

   30 CALL TRES
    8 WRITE(6,9)
    9 FORMAT(///,10X,"BARRA",7X,"LONG",8X,"AREA",6X,"MOD ELAS",6X,"FZA
     *AXIAL")

         ***** CALCULO DE ELEMENTOS MECANICOS DE LA ESTRUCTURA *****

      DO 13 I=1,N-1
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 13 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 13,13,10
   10 LUG=LU2F(20,I,J,I)
      DO 11 K=1,NA
   11 VEC(LUG)=VEC(LUG)+VEC(LU3F(7,I,J,K))*(VEC(LU2F(19,I,K,1))-
     *          VEC(LU2F(19,J,K,1)))*VEC(LU2F(12,I,J,I))

        ***** ESCRITURA DE ELEMENTOS MECANICOS DE LA ESTRUCTURA *****

      WRITE(6,12) I,J,VEC(LU2F(6,I,J,I)),VEC(LU2F(1,I,J,I)),
     *                VEC(LU2F(2,I,J,I)),VEC(LU2F(20,I,J,I))
   12 FORMAT(10X,I2,"-",I2,2(3X,F9.2),E14.4,F14.4)
   13 CONTINUE

                 ***** CALCULO DE REACCIONES *****
         ***** DETERMINACION DE EXISTENCIA DE APOYO *****

      WRITE(6,19)
   19 FORMAT(4(/),"                                  FUERZA X        FUERZA Y",/)
```

```
      DO 21 I=1,N
      DO 31 J=1,NF
      IF(VEC(LU2F(4,I,J,1))) 22,22,31
   22 DO 88 F=1,NF
   88 WW(F)=0
C
C     ***** CALCULO DE LAS COMPONENTES I>J *****
C
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 55 K=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,K,I))) 55,55,44
   44 DO 33 L=1,NF
   33 WW(L)=WW(L)+VEC(LU3F(7,I,K,L))*VEC(LU2F(20,I,K,I))
   55 CONTINUE
C
C     ***** CALCULO DE LAS COMPONENTES J>I *****
C
      LI=I-W+1
      IF(LI.LT.1) LI=1
      DO 15 K=LI,I-1
      IF(VEC(LU2F(2,K,I,K))) 15,15,14
   14 DO 89 L=1,NF
   89 WW(L)=WW(L)-VEC(LU3F(7,K,I,L))*VEC(LU2F(20,K,I,K))
   15 CONTINUE
      WRITE(6,16) I,(WW(IW),IW=1,NF)
   16 FORMAT(6X,"NUDO",I4,3(F16.4))
      GO TO 21
   31 CONTINUE
   21 CONTINUE
  100 RETURN
      END
```

```
C*************************************************************************
C                            SUBROUTINE TRES
C
C      OBTIENE LA CONFIGURACION FINAL DEL SISTEMA SIMULTANEO MEDIANTE
C LA  ELIMINACION DE AQUELLOS  RENGLONES Y  COLUMNAS DE  LA  ECUACION
C MATRICIAL DE RIGIDEZ, EN DONDE LA DIRECCION DEL DESPLAZAMIENTO NODAL
C ES NULA.
C*************************************************************************
      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF
      COMMON/BLOCK2/ D(120),DIM,NWA,EXIST,CONTOR
      COMMON/BLOCK3/ NN,YMAX,OPCION,RECAL
      COMMON/BLOCK6/ ESC(30),PESC,VN,VA,VB,VC
      IF(RECAL.NE.0) GO TO 7
C
C      ***** VERIFICA LAS DIRECCIONES EN DONDE EL DESPLAZAMIENTO *****
C      *****       NODAL ES NULO. BARRIDO SOBRE RENGLONES          *****
C
      DO 4 I=1,N
      DO 4 J=1,NF
      IF(VEC(LU2F(4,I,J,1))) 4,4,1
C
C            ***** INICIALIZA RENGLON DEL SISTEMA SIMULTANEO *****
C
    1 NN=NN+1
      YIN=0
      Y=NN-1
      IW=0
C
C      ***** VERIFICA LAS DIRECCIONES EN DONDE EL DESPLAZAMIENTO *****
C      *****       NODAL ES NULO. BARRIDO SOBRE COLUMNAS           *****
C
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 3 K=I,LS
      DO 3 L=1,NF
      IW=IW+1
      IF(I.NE.K) GO TO 22
      IF(J.EQ.1) GO TO 22
      IF(L.LT.J) GO TO 3
   22 IF(VEC(LU2F(4,K,L,1))) 3,3,2
C
C            ***** INICIALIZA COLUMNA DEL SISTEMA SIMULTANEO *****
C
    2 Y=Y+1
      YIN=YIN+1
      IO=(IW-1)/NF+I
      VEC(LU2F(14,NN,Y,NN))=VEC(LU4F(13,I,IO,J,L))
C
C            ***** CALCULA EL SEMIANCHO DE BANDA DE LA *****
C            *****      MATRIZ DE RIGIDEZ COMPACTA      *****
C
      IF(YIN.LE.YMAX) GO TO 3
      IF(VEC(LU2F(14,NN,Y,NN)).NE.0) YMAX=YIN
```

```
  3 CONTINUE
  4 CONTINUE
    NW=0
***** CONFORMA EL VECTOR DE TERMINOS INDEPENDIENTERS DEL SISTEMA *****
  7 DO 6 I=1,N
    DO 6 J=1,NF
    IF(VEC(LU2F(4,I,J,1))) 6,6,5
  5 NW=NW+1
    VEC(LU1F(16,NW))=VEC(LU2F(5,I,J,1))
  6 CONTINUE
    IF(ESC(14).NE.1) GO TO 10
    FESC=3
    VA=CONTOR
    VE=W*NF
    VN=14
    CALL ESCRI
 10 IF(ESC(16).NE.1) GO TO 11
    FESC=2
    VN=16
    VA=CONTOR
    CALL ESCRI
            ***** TRANSFIERE EL CONTROL A SUBRUTINA "CUATRO" *****
 11 CALL CUATRO
100 RETURN
    END
```

```
*****************************************************************************
                                  SUBROUTINE CUATRO
    RESUELVE EL SISTEMA SIMULTANEO DE ECUACIONES EMPLEANDO EL METODO
DE CHOLESKY MODIFICADO.
*****************************************************************************
      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF
      COMMON/BLOCK2/ D(120),DIM,NWA,EXIST,CONTOR
      COMMON/BLOCK3/ NN,YMAX,OPCION,RECAL
      COMMON/BLOCK6/ ESC(30),PESC,VN,VA,VB,VC
      IF(RECAL.NE.0) GO TO 50
         *****  TRIANGULACION DEL SEMIANCHO DE BANDA SUPERIOR  *****
         ***** CALCULO DE ELEMENTOS SOBRE LA DIAGONAL PRINCIPAL*****
      DO 9 I=1,NN
      ACU=0
      IF(I-1) 3,3,1
    1 LINF=I-YMAX+1
      IF(LINF.LT.1) LINF=1
      IF(LINF.GT.(I-1)) GO TO 22
      DO 2 R=LINF,I-1
    2 ACU=ACU+VEC(LU2F(15,R,I,R))**2*VEC(LU2F(15,R,R,R))
   22 CONTINUE
    3 IAUX=LU2F(15,I,I,I)
      VEC(IAUX)=VEC(LU2F(14,I,I,I))-ACU
       ***** CALCULO DE ELEMENTOS FUERA DE LA DIAGONAL PRINCIPAL *****
      LIM=I+YMAX-1
      IF(LIM-NN) 5,5,4
    4 LIM=NN
      IF((I+1).GT.LIM) GO TO 88
    5 DO 8 J=I+1,LIM
      ACU=0
      IF(I-1) 19,19,6
    6 LINF=I-YMAX+1
      IF(LINF.LT.1) LINF=1
      IF(LINF.GT.(I-1)) GO TO 77
      DO 7 R=LINF,I-1
    7 ACU=ACU+VEC(LU2F(15,R,I,R))*VEC(LU2F(15,R,J,R))*
     *          VEC(LU2F(15,R,R,R))
   77 CONTINUE
   19 IF(VEC(IAUX)) 18,17,18
   18 VEC(LU2F(15,I,J,I))=(VEC(LU2F(14,I,J,I))-ACU)/VEC(IAUX)
    8 CONTINUE
   88 CONTINUE
    9 CONTINUE
      IF(ESC(15).NE.1) GO TO 50
      PESC=3
      VA=CONTOR
      VB=W*NF
      VN=15
```

```
      CALL ESCRI
C
C              ***** CALCULO DE LOS TERMINOS INDEPENDIENTES *****
C
 50   DO 12 I=1,NN
      ACU=0
      IF(I-1) 122,122,10
 10   LINF=I-YMAX+1
      IF(LINF.LT.1) LINF=1
      IF(LINF.GT.(I-1)) GO TO 111
      DO 11 R=LINF,I-1
 11   ACU=ACU+VEC(LU2F(15,R,I,R))*VEC(LU2F(15,R,R,R))*
     *          VEC(LU1F(17,R))
 111  CONTINUE
 122  IAUX=LU2F(15,I,I,I)
      IF(VEC(IAUX)) 12,12,12
 12   VEC(LU1F(17,I))=(VEC(LU1F(16,I))-ACU)/VEC(IAUX)
      IF(ESC(17).NE.1) GO TO 51
      PESC=2
      VN=17
      VA=CONTOR
      CALL ESCRI
C
C              ***** CALCULO DEL VECTOR SOLUCION DEL SISTEMA *****
C
 51   DO 14 I=1,NN
      IN=1-I+NN
      ACU=0
      IF(I-1) 14,14,113
 113  LSUP=IN+YMAX-1
      IF(LSUP.GT.NN) LSUP=NN
      IF((IN+1).GT.LSUP) GO TO 133
      DO 13 R=IN+1,LSUP
 13   ACU=ACU+VEC(LU2F(15,IN,R,IN))*VEC(LU1F(18,R))
 133  CONTINUE
 14   VEC(LU1F(18,IN))=VEC(LU1F(17,IN))-ACU
      IF(ESC(18).NE.1) GO TO 52
      PESC=2
      VN=18
      VA=CONTOR
      CALL ESCRI
C
C         ***** OBTENCION DEL VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS NODALES *****
C         *****              A PARTIR DEL VECTOR SOLUCION           *****
C
 52   DO 16 I=1,N
      DO 16 J=1,NF
      IF(VEC(LU2F(4,I,J,1))) 16,16,15
 15   IJ=IJ+1
      VEC(LU2F(19,I,J,1))=VEC(LU1F(18,IJ))
 16   CONTINUE
      IF(ESC(19).NE.1) GO TO 1000
      VN=19
      PESC=4
      VA=N
      VE=NF
```

```
      CALL ESCRI
 100  RETURN

 ***** DIRECTORIO DE ERRORES COMETIDOS DURANTE LA EJECUCION *****

 17   WRITE(6,38)
 38   FORMAT(6(/),15X,"LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA NO TIENE IN
     *VERSA. SE PRESENTA UN MECANISMO")
      STOP
      END
```

```
************************************************************************
                             SUBROUTINE CINCO
        TRANSFIERE LA MATRIZ DE RIGIDEZ EN SISTEMA LOCAL AL GLOBAL PARA
PREMULTIPLICAR A LA MATRIZ  DE ROTACION. LAS VARIABLES "LRLR" Y
"LCLC" INDICAN LA COLUMNA Y EL RENGLON SOBRE LOS QUE SE ESTA OPERANDO
************************************************************************
      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF,SIGN1(6,6),SIGN2(6,6)
     *,SIGN3(6,6)
      COMMON/BLOCK6/ ESC(30),PESC,VN,VA,VB,VC
      DIMENSION AUX(3,3),XUA(3,3)
      NV=NF/3-1
      DO 200 LRLR=0,NV
      DO 200 LCLC=0,NV
      R=LRLR*3.0
      C=LCLC*3.0
    3 DO 200 I=1,N
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 200 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 200,200,2
            ***** EFECTUA EL PRODUCTO A[]= _K[] * R[] *****
    2 DO 1 K1=1,3
      K1R=K1+R
      DO 1 L1=1,3
      AUX(K1,L1)=0
      DO 1 LL=1,3
      LLC=LL+C
    1 AUX(K1,L1)=VEC(LU4F(12,I,J,K1R,LLC))*VEC(LU4F(7,I,J,LL,L1))
     *          +AUX(K1,L1)
        ***** TRANSPONE R[] Y EFECTUA EL PRODUCTO TR[] * A[] *****
      DO 43 K=1,3
      KR=K+R
      DO 43 L=1,3
      LC=L+C
      DO 43 LL=1,3
   43 VEC(LU4F(13,I,J,KR,LC))=VEC(LU4F(7,I,J,LL,K))*AUX(LL,L)
     *                       +VEC(LU4F(13,I,J,KR,LC))
  200 CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
************************************************************************
                        SUBROUTINE SEIS
      ENSAMBLA LA MATRIZ DE RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA EN SISTEMA GLOBAL
A PARTIR DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ DIRECTA DE BARRA.
************************************************************************
      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF,SIGN1(6,6),SIGN2(6,6)
     *,SIGN3(6,6)
      COMMON/BLOCK2/ D(120),DIM
      COMMON/BLOCK6/ ESC(30),PESC,VN,VA,VB,VC
      DIMENSION AUX(3,3),XUA(3,3)
      NV=NF/3-1
           ***** CALCULO DE RIGIDEZ DE NUDO EN SISTEMA GLOBAL *****
      DO 11 I=1,N-1
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 11 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 11,11,22
   22 DO 4 K=1,NF
      DO 4 L=1,NF
      POSII=LU4F(13,I,I,K,L)
      RIJKL=VEC(LU4F(13,I,J,K,L))
      VEC(POSII)=VEC(POSII)+RIJKL
      POSJJ=LU4F(13,J,J,K,L)
    4 VEC(POSJJ)=VEC(POSJJ)+SIGN3(K,L)*RIJKL
   11 CONTINUE
      IF(ESC(13).NE.1) GO TO 18
      PESC=6
      VN=13
      CALL ESCRI
        ***** CALCULO DE K[IJ] A PARTIR DE K[II:J] *****
   18 DO 200 LRLR=0,NV
      DO 200 LCLC=0,NV
      R=LRLR*3
      C=LCLC*3
      DO 200 I=1,N
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 200 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 200,200,2
           ***** EFECTUA EL PRODUCTO A[]= _K[] * R[] *****
    2 DO 1 K1=1,3
      K1R=K1+R
      DO 1 L1=1,3
      AUX(K1,L1)=0
      DO 1 LL=1,3
      LLC=LL+C
```

```
1    AUX(K1,L1)=VEC(LU4F(12,I,J,K1R,LLC))*VEC(LU4F(7,I,J,LL,L1))
   *           *SIGN1(LL,L1)  *SIGN2(K1R,LLC)+AUX(K1,L1)

      ***** TRANSPONE R[] Y EFECTUA EL PRODUCTO TR[] * A[] *****

     DO 43 K=1,3
     KR=K+R
     DO 43 L=1,3
     LC=L+C
     POSIN=LU4F(13,I,J,KR,LC)
     VEC(POSIN)=0
     DO 43 LL=1,3
43   VEC(POSIN)=VEC(POSIN)+VEC(LU4F(7,I,J,LL,K))*AUX(LL,L)
200  CONTINUE
     IF(ESC(13).NE.1) GOTO 8
     PESC=6
     VN=13
     CALL ESCRI

      ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "TRES" *****

8    CALL TRES
     RETURN
     END
```

```
*************************************************************************
                           SUBROUTINE SIETE
       CALCULA LOS ELEMENTOS MECANICOS DE LA ESTRUCTURA A PARTIR DE
LOS DESPLAZAMIENTOS NODALES Y LA CONTRIBUCION DE LAS FUERZAS DE
EMPOTRAMIENTO INTRODUCIDAS EN EL ANALISIS DE CONDICIONES ESPECIALES.
*************************************************************************

      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF,SIGN1(6,6),SIGN2(6,6)
      COMMON/BLOCK6/ ESC(300),PESC,VN,VA,VB,VC
      DIMENSION WW(6,4)
      IS=NF/3

*** VERIFICA LA EXISTENCIA DE BARRA DENTRO DEL SEMIANCHO DE BANDA ****

      DO 1 I=1,N-1
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 1 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 1,1,2

        ***** CALCULA  R[IJ] * _D[I]  Y  R[JI] * _D[J]  *****

  2   U=-3
      DO 3 JS=1,IS
      U=U+3
      DO 3 K=1,3
      WW(K+U,1)=0
      WW(K+U,2)=0
      DO 3 L=1,3
      ROT=VEC(LU4F(7,I,J,K,L))
      WW(K+U,1)=WW(K+U,1)+ROT*VEC(LU2F(19,I,L+U,1))
  3   WW(K+U,2)=WW(K+U,2)+ROT*VEC(LU2F(19,J,L+U,1))*SIGN1(K,L)

              ***** CALCULO DE ELEMENTOS MECANICOS *****

      DO 4 K=1,NF
      WW(K,3)=0
      WW(K,4)=0
      DO 4 L=1,NF
      WW(K,4)=WW(K,4)+VEC(LU4F(12,I,J,K,L))*(WW(L,1)*SIGN2(K,L)+WW(L,2))
  4   WW(K,3)=WW(K,3)+VEC(LU4F(12,I,J,K,L))*(WW(L,1)+WW(L,2)*SIGN2(K,L))

 ***** CONSIDERA LA CONRIBUCION DE LAS FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO *****
 *****    INTRODUCIDAS EN EL ANALISIS DE CONDICIONES ESPECIALES  *****

 11   DO 1 K=1,NF
      FAC=1
      LUG=LU3F(20,I,J,K)
      GUL=LU3F(21,I,J,K)
      VEC(GUL)=WW(K,4)+VEC(GUL)+VEC(LU3F(23,I,J,K))*FAC
      VEC(LUG)=WW(K,3)+VEC(LUG)+VEC(LU3F(22,I,J,K))*FAC
  1   CONTINUE
100   RETURN
      END
```

```
************************************************************************
                         SUBROUTINE OCHO

        ESTABLECE LA SECUENCIA DE LLAMADA DE LAS SUBRUTINAS NECESARIAS
PARA REALIZAR EL ANALISIS DE LAS ESTRUCTURAS  QUE  DIFIERAN  DE  LAS
CONDICIONES GENERALES.
      CALCULA APUNTADORES DENTRO DE VEC[] Y VERIFICA ESPACIO DE
MEMORIA REQUERIDO EN EL ANALISIS.
************************************************************************

      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF
      COMMON/BLOCK2/ D(120),DIM,NWA
      COMMON/BLOCK4/ CON(19),OP(10),NCAR,REDIM
      COMMON/BLOCK7/ ESTRU

*** CALCULA APUNTADORES PARA LAS MATRICES DE FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO ***
***   Y VERIFICA EL ESPACIO DE MEMORIA REQUERIDO EN EL ANALISIS   ***

      IF(REDIM.NE.0) GO TO 10
      REDIM=1
      NWA=NWA+N*W*NF
      D(86)=W
      D(90)=W
      D(92)=NWA
      NWA=NWA+N*W*NF
      D(96)=NWA
      NWA=NWA+N*W
      D(100)=NWA
      NWA=NWA+N*NF
      D(104)=NWA
      NWA=NWA+N*NF
      D(108)=NWA
      D(106)=W
      NWA=NWA+N*W*NF
      D(112)=NWA
      D(110)=W
      NWA=NWA+N*W*NF
      IF(NWA.GT.DIM) GOTO 30

*** BLANQUEO DE MATRICES DE FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO TRANSITORIAS *****

10    I=D(108)+1
      J=I+2*N*W*NF
      DO 8 K=I,J
 8    VEC(K)=0

*** ELECCION DE SUBRUTINA PARA EL CALCULO DE FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO ***

      READ(5,98) CINS
98    FORMAT(A6)
      IF(CINS.EQ."CALCU ") GO TO 5
      NCAR=NCAR+1
      WRITE(6,22) NCAR
22    FORMAT(4(/),10X,"FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO CORRESPONDIENTES AL CONJUNTO
```

```
     * DE CARGAS:",I4)
       DO 11 I=1,4
       IF(CINS.NE.CON(I+15)) GO TO 11
       GO TO (101,102,103,104),I
    11 CONTINUE
       GO TO 20
   101 WRITE(6,111)
   111 FORMAT(10X,"ORIGINADAS POR FUERZAS APLICADAS SOBRE LAS BARRAS")
       GO TO (9,6,7),ESTRU
   102 WRITE(6,112)
   112 FORMAT(10X,"ORIGINADAS POR ASENTAMIENTOS DE LOS APOYOS")
       GO TO (9,6,7),ESTRU
   103 WRITE(6,113)
   113 FORMAT(10X,"ORIGINADAS POR VARIACIONES TERMICAS")
       GO TO (9,6,7),ESTRU
   104 WRITE(6,114)
   114 FORMAT(10X,"ORIGINADAS POR FALTA DE AJUSTE DE LOS ELEMENTOS")
       GO TO (9,6,7),ESTRU
     9 WRITE(6,55)
    55 FORMAT(2(/),20X,"FZA AXIAL",8X,"FZA CORTANTE",5X,
     *"MTO FLEXIONANTE",/)
       GO TO (1,2,3,4),I
     6 WRITE(6,66)
    66 FORMAT(2(/),17X,"FZA CORTANTE",5X,"MTO TORSIONANTE"
     *5X,"MTO FLEXIONANTE",/)
       GO TO (1,2,3,4),I
     7 WRITE(6,77)
    77 FORMAT(2(/),18X,"FZA X",9X,"FZA Y",9X,"FZA Z",
     *9X,"MTO X",9X,"MTO Y",9X,"MTO Z",/)
       GO TO (1,2,3,4),I

     ****** TRANSFERENCIA A SUBRUTINA DE FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO *****

     1 CALL NUEVE
       GO TO 10
     2 CALL ONCE
       GO TO 10
     3 CALL CATOR
       GO TO 10
     4 CALL DOCE
       GO TO 10

       ***** ESCRITURA DE FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO *****

     5 WRITE(6,44)
    44 FORMAT(4(/),25X,"FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO (TOTALES)")
       GO TO(89,86,87),ESTRU
    89 WRITE(6,55)
       GO TO 12
    86 WRITE(6,66)
       GO TO 12
    87 WRITE(6,77)
       DO 33 I=1,N
    33 WRITE(6,13) I,(VEC(LU2F(25,I,J,1)),J=1,6)
    13 FORMAT(3X,"NUDO",I3,6F14.4)
       RETURN
```

```
 12   WRITE(6,974)
974   FORMAT(/)
      DO 14 I=1,N
 14   WRITE(6,15) I,(VEC(LU2F(35,I,J,1)),J=1,3)
 15   FORMAT(6X,"NUDO",I2,2X,F14.4,2(6X,F14.4))
      RETURN

 ***** DIRECTORIO DE ERRORES COMETIDOS DURANTE LA EJECUCION *****

 20   WRITE(6,21) CINS
 21   FORMAT(6(/),1X,"LA INSTRUCCION ",A6," NO SE RECONOCIO")
      GO TO 1000
 30   WRITE(6,31) NWA
 31   FORMAT(6(/),5X,"ERROR POR FALTA DE ESPACIO DE MEMORIA. PARA EFECTU
     *AR EL ANALISIS DIMENSONAR VEC(",I8,")")
1000  STOP
      END
```

```
*****************************************************************************
                         SUBROUTINE NUEVE

        CALCULA LOS ELEMENTOS MECANICOS DE LAS BARRAS A LAS QUE, A LO
LARGO DE LAS MISMAS SE LES HA SIDO APLICADA UNA FUERZA.
*****************************************************************************

    COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF,SIGN1(6,6)
    COMMON/BLOCK6/ ESC(30),PESC,VN,VA,VB,VC
    COMMON/BLOCK7/ ESTRU,I,J,TIPO,A,B,CC(6,6)
    COMMON/BLOCK9/ AUX(6),AUX1(6),AUX2(6)

    ***** LEE TIPO DE FUERZA Y BARRA EN LA QUE ESTA APLICADA *****

30  READ(5,/) I,J,TIPO,A,B,(AUX(K),K=1,NF)
    IF(TIPO.GT.6.OR.TIPO.LT.0) GOTO 100
    IF(TIPO.EQ.0)GO TO 44
    VEC(LU2F(24,I,J,I))=1

   ***** TRANSFIERE AL SISTEMA LOCAL A PARTIR DE LOS EXTREMOS *****
   *****         I & J LA FUERZA APLICADA EN LA BARRA IJ          *****

    DO 1 K=1,3
    AUX1(K)=0
    AUX2(K)=0
    DO 1 L=1,3
    PRO=VEC(LU4F(7,I,J,K,L))*AUX(L)
    AUX1(K)=AUX1(K)+PRO
 1  AUX2(K)=AUX2(K)+SIGN1(K,L)*PRO
    IF(ESTRU.NE.3) GO TO 20
    DO 9 K=1,3
    K3=K+3
    AUX1(K3)=0
    AUX2(K3)=0
    DO 9 L=1,3
    PRO=VEC(LU4F(7,I,J,K,L))*AUX(K3)
    AUX1(K3)=AUX1(K3)+PRO
 9  AUX2(K3)=AUX2(K3)+SIGN(K,L)*PRO

      ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "DIEZ" *****
20  CALL DIEZ
     ***** CALCULO DE FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO DE LA BARRA IJ *****
     *****              REFERIDOS AL EXTREMO I                *****

    DO 2 K=1,NF
    IJK=LU3F(22,I,J,K)
    IJK27=LU3F(27,I,J,K)
    DO 2 L=1,NF
    PRO=CC(K,L)*AUX1(L)
    VEC(IJK27)=VEC(IJK27)+PRO
 2  VEC(IJK)=VEC(IJK)+PRO
    A=VEC(LU2F(6,I,J,I))-A-B
    IF(TIPO.NE.3) GO TO 25
    TIPO=4
    GO TO 26
```

```
25 IF(TIPO.EQ.4) TIPO=3
       ****** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA "DIEZ" *****
26 CALL DIEZ
     ***** CALCULO DE LAS FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO DE LA BARRA IJ *****
     *****                 REFERIDOS AL EXTREMO J                *****

   DO 22 K=1,NF
   JIK=LU3F(23,I,J,K)
   JIK28=LU3F(28,I,J,K)
   DO 22 L=1,NF
   PRO=CC(K,L)*AUX2(L)
   VEC(JIK28)=VEC(JIK28)+PRO
22 VEC(JIK)=VEC(JIK)+PRO
   GO TO 30

    ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA QUINCE *****

44 CALL QUINCE
   RETURN

  ***** DIRECTORIO DE ERRORES COMETIDOS DURANTE LA EJECUCION *****

00 WRITE(6,32) TIPO
32 FORMAT(8(/),10X,"EL TIPO DE CARGA ",A6," NO SE RECONOCIO")
   STOP
   END
```

```
***************************************************************************
                              SUBROUTINE DIEZ
          CALCULA LA MATRIZ DE COEFICIENTES DE EMPOTRAMIENTO PARA CARGAS
APLICADAS A LO LARGO DE LAS BARRAS.
***************************************************************************

      CCMMON/ELOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF
      CCMMON/ELOCK7/ ESTRU,I,J,TIPO,A,B,CC(6,6)
      DIMENSION C(6)
      D=VEC(LU2F(6,I,J,I))
      DO 11 K=1,NF
 11   C(K)=0

          ***** CALCULO DE COEFICIENTES DE EMPOTRAMIENTO *****

      GO TO (1,2,3,4,5,6),TIPO
  1   DA=D-A
      C(1)=DA/D
      C(2)=DA*DA*(D+2*A)/D**3
      C(3)=A*DA*DA/D/D
      GO TO 100
  2   AB=A+B
      C(1)=B*(D-A-B/2)/D
      C(2)=(2*B*D-2/D*(AB**3-A**3)+(AB**4-A**4)/D/D)/2/D
      C(3)=(6*D*D*(AB*AB-A*A)-8*D*(AB**3-A**3)+3*(AB**4-A**4))/12/D/D
      GO TO 100
  3   DA=D-A-2*B/3
      C(1)=B*DA/2/D
      C(2)=B*(3*DA*DA-B*B/6+A*B*B/3/D+28*B**3/135/D-2*DA**3/D)/2/D/D
      C(3)=-B*(DA**3/D+B*B/9+51*B**3/810/D-B*B*(A+B)/6/D-DA*DA)/2/D
      GO TO 100
  4   AB=A+B/3
      C(1)=B*(D-A-B/3)/2/D
      C(2)=B/2-B*(3*AB*AB-B*B/6+(D-A-B)*B*B/3/D+28*B**3/135/D-
     *      2*AB**3/D)/2/D/D
      C(3)=B*(AB**3/D+B*B/18+51*B**3/810/D-B*B*(D-A)/6/D-
     *      2*AB*AB+D*AB)/2/D
      GO TO 100
  5   C(4)=6*(A*D-A*A)/D**3
      C(5)=(4*D*A-3*A*A-D*D)/D/D
      GO TO 100
  6   C(1)=(D-A)/D

          ***** ENSAMBLA LA MATRIZ DE COEFICIENTES *****

100   GO TO (101,102,103),ESTRU
101   CC(1,1)=-C(1)
      CC(2,2)=-C(2)
      CC(2,3)= C(4)
      CC(3,2)= C(3)
      CC(3,3)=-C(5)
      RETURN
102   CC(1,1)=-C(2)
```

```
      CC(1,3)=-C(4)
      CC(2,2)=-C(1)
      CC(3,1)=-C(3)
      CC(4,3)=-C(5)
      RETURN
03    CC(1,1)=-C(1)
      CC(2,2)=-C(2)
      CC(2,6)= C(4)
      CC(3,3)=-C(2)
      CC(3,5)=-C(4)
      CC(4,4)=-C(1)
      CC(5,4)=-C(3)
      CC(5,5)=-C(5)
      CC(6,2)= C(3)
      CC(6,6)=-C(5)
      RETURN
      END
```

```
*************************************************************************
                        SUBROUTINE ONCE
      CALCULA LOS ELEMENTOS MECANICOS DE LAS BARRAS DEBIDO AL
ASENTAMIENTO DE APOYOS.
*************************************************************************
      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF,SIGN1(6,6),SIGN2(6,6)
      DIMENSION W1(6),W2(6)
      IS=NF/3
**** LEE ASENTAMIENTOS DE APOYOS REFERIDOS AL SISTEMA GLOBAL ***
   11 READ(5,/) NUDO,(W1(I),I=1,NF)
      IF(NUDO.EQ.0) GO TO 44
      ***** ANALISIS DEFUERZAS DE EMPOTRAMIENTO PARA BARRAS I<J *****
      LS=NUDO+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 1 J=NUDO,LS
      IF(VEC(LU2F(2,NUDO,J,NUDO))) 1,1,2
    2 VEC(LU2F(24,NUDO,J,NUDO))=1
      U=-3
      DO 13 JS=1,IS
      U=U+3
      DO 13 K=1,3
      W2(K+U)=0
      DO 13 L=1,3
   13 W2(K+U)=W2(K+U)+VEC(LU4F(7,NUDO,J,K+U,L+U))*W1(L+U)
      DO 18 K=1,NF
      DO 18 L=1,NF
      IJ=LU3F(22,NUDO,J,K)
      JI=LU3F(23,NUDO,J,K)
      IJ27=LU3F(27,NUDO,J,K)
      JI28=LU3F(28,NUDO,J,K)
      PRO=VEC(LU4F(12,NUDO,J,K,L))*W2(L)
      VEC(IJ)=VEC(IJ)+PRO
      VEC(IJ27)=VEC(IJ27)+PRO
      VEC(JI28)=VEC(JI28)+PRO*SIGN2(K,L)
   18 VEC(JI)=VEC(JI)+PRO*SIGN2(K,L)
    1 CONTINUE
      ***** ANALISIS DE FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO PARA BARRAS I>J *****
      LI=NUDO-W+1
      IF(LI.LT.1) LI=1
      DO 4 I=LI,NUDO
      IF(VEC(LU2F(2,I,NUDO,I))) 4,4,3
    3 VEC(LU2F(24,I,NUDO,I))=1
      U=-3
      DO 31 JS=1,IS
      U=U+3
      DO 31 K=1,3
```

```
      W2(K+U)=0
      DO 31 L=1,3
31    W2(K+U)=W2(K+U)+SIGN1(K,L)*VEC(LU4F(7,I,NUDO,K+U,L+U))*W1(L+U)
      DO 81 K=1,NF
      DO 81 L=1,NF
      IJ=LU3F(23,I,NUDO,K)
      JI=LU3F(22,I,NUDO,K)
      IJ28=LU3F(28,I,NUDO,K)
      JI27=LU3F(27,I,NUDO,K)
      PRO=VEC(LU4F(12,I,NUDO,K,L))*W2(L)
      VEC(IJ)=VEC(IJ)+PRO
      VEC(IJ28)=VEC(IJ28)+PRO
      VEC(JI27)=VEC(JI27)+PRO*SIGN2(K,L)
81    VEC(JI)=VEC(JI)+PRO*SIGN2(K,L)
 4    CONTINUE
      GO TO 11

         ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA QUINCE *****

44    CALL QUINCE
      RETURN
      END
```

```
C*****************************************************************************
C                          SUBROUTINE DOCE
C
C     CALCULA LOS ELEMENTOS MECANICOS DE BARRAS SUJETAS A EFECTOS
C DEBIDOS A LA FALTA DE AJUSTE EN LA ESTRUCTURA.
C*****************************************************************************
      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF,SIGN1(6,6),SIGN2(6,6)
      DIMENSION W1(6)
C
C***** LEE FALTA DE AJUSTE DE LA BARRA IJ REFERIDA AL EXTREMO J *****
C
    2 READ(5,/) I,J,(W1(K),K=1,NF)
      IF(I.EQ.0) GO TO 44
C
C***** ANALISIS DE FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO PARA EXTRMO I *****
C
      VEC(LU2F(24,I,J,I))=1
      DO 1 K=1,NF
      DO 1 L=1,NF
      IJ=LU3F(22,I,J,K)
      JI=LU3F(23,I,J,K)
      IJ27=LU3F(27,I,J,K)
      JI28=LU3F(28,I,J,K)
      PRO=VEC(LU4F(12,I,J,K,L))*W1(L)
      VEC(IJ)=VEC(IJ)+PRO
      VEC(IJ27)=VEC(IJ27)+PRO
      VEC(JI28)=VEC(JI28)+PRO*SIGN2(K,L)
    1 VEC(JI)=VEC(JI)+PRO*SIGN2(K,L)
      GO TO 2
C
C        ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA QUINCE *****
C
   44 CALL QUINCE
      END
```

```
*****************************************************************************
                          SUBROUTINE CATOR
      CALCULA LOS ELEMENTOS MECANICOS DE BARRAS SOMETIDAS A
VARIACIONES DE TEMPERATURA.
*****************************************************************************

      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF,SIGN1(6,6),SIGN2(6,6)
      COMMON/BLOCK7/ ESTRU

**** LEE CONSTANTES DE ANALISIS Y VARIACIONES DE TEMPERATURA *****

      GO TO (1,1,2),ESTRU
 1    READ(5,/) TK1,TK2,ALFA,HK,NB
      GO TO 3
 2    READ(5,/) TK1,TK2,TK3,TK4,ALFA,HK,NB
 3    IF(NB.EQ.1) GO TO 7
14    GO TO (4,4,5),ESTRU
 4    READ(5,/) I,J,T1,T2,ALF,H
      GO TO 6
 5    READ(5,/) I,J,T1,T2,T3,T4,ALF,H
      TK3=TK3*T3
      TK4=TK4*T4
 6    IF(I.EQ.1) GO TO 44
      TK1=TK1*T1
      TK2=TK2*T2
      ALFA=ALFA*ALF
      HK=H*HK
      GO TO (9,10,11),ESTRU
 7    IJ=1
      DO 15 I=1,N-1
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 15 J=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,J,I))) 15,15,8
 8    GO TO (9,10,11),ESTRU

                ***** ANALISIS PARA MARCOS PLANOS *****

 9    VEC(LU3F(27,I,J,1))=-ALFA*(TK1+TK2)*VEC(LU2F(1,I,J,I))
     *                    *VEC(LU2F(2,I,J,I))/2
      VEC(LU3F(27,I,J,2))=0
      VEC(LU3F(27,I,J,3))=ALFA*(TK1-TK2)*VEC(LU2F(2,I,J,I))
     *                    *VEC(LU2F(8,I,J,I))/HK
      VEC(LU3F(28,I,J,1))=VEC(LU3F(27,I,J,1))
      VEC(LU3F(28,I,J,2))=0
      VEC(LU3F(28,I,J,3))=-VEC(LU3F(27,I,J,3))
      GO TO 13

                  ***** ANALISIS PARA RETICULAS *****

10    VEC(LU3F(27,I,J,1))=0
      VEC(LU3F(27,I,J,2))=0
      VEC(LU3F(27,I,J,3))=ALFA*(TK1-TK2)*VEC(LU2F(2,I,J,I))
```

```
*                  *VEC(LU2F(8,I,J,I))/HK
      VEC(LU3F(28,I,J,1))=0
      VEC(LU3F(28,I,J,2))=0
      VEC(LU3F(28,I,J,3))=VEC(LU3F(27,I,J,3))
      GO TO 13

C           ***** ANALISIS PARA MARCOS EN EL ESPACIO *****

   11 VEC(LU3F(27,I,J,1))=-ALFA*(TK1-TK2)*VEC(LU2F(2,I,J,I))
     *                   *VEC(LU2F(1,I,J,I))/2
      VEC(LU3F(27,I,J,2))=0
      VEC(LU3F(27,I,J,3))=0
      VAR=VEC(LU2F(2,I,J,I))*VEC(LU2F(8,I,J,I))/HK
      VEC(LU3F(27,I,J,6))=ALFA*(TK1-TK2)*VAR
      VEC(LU3F(27,I,J,4))=0
      VEC(LU3F(27,I,J,5))=ALFA*(TK3-TK4)*VAR
      DO 12 M=1,6
   12 VEC(LU3F(28,I,J,M))=VEC(LU3F(27,I,J,M))
      VEC(LU3F(28,I,J,6))=-VEC(LU3F(27,I,J,6))
   13 VEC(LU2F(24,I,J,I))=1
      DO 16 K=1,NF
      LUG=LU3F(22,I,J,K)
      VEC(LUG)=VEC(LUG)+VEC(LU3F(27,I,J,K))
      LUG=LU3F(23,I,J,K)
   16 VEC(LUG)=VEC(LUG)+VEC(LU3F(28,I,J,K))
      IF(IJ) 14,14,15
   15 CONTINUE

C        ***** TRANSFERENCIA DE CONTROL A SUBRUTINA QUINCE *****

   44 CALL QUINCE
      RETURN
      END
```

```
*****************************************************************************
                         SUBROUTINE QUINCE
      CALCULA LAS FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO EN SISTEMA GLOBAL, A
 PARTIR EN LAS FUERZAS EQIVALETES REFERIDAS AL SISTEMA LOCAL.
*****************************************************************************
      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF,SIGN1(6,6)
      COMMON/BLOCK6/ ESC(30),PESC,VN,VA,VB,VC
      IS=NF/3
      DO 1 I=1,N
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 5 K=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,K,I))) 5,5,4
    4 IF(VEC(LU2F(24,I,K,I))) 5,5,6
    6 U=-3
      DO 3 II=1,IS
      U=U+3
      DO 3 JJ=1,3
      DO 3 LL=1,3
      ROT=VEC(LU4F(7,I,K,LL,JJ))
      LUG=LU2F(26,I,JJ+U,1)
    3 VEC(LUG)=VEC(LUG)+ROT*VEC(LU3F(27,I,K,LL+U))
    5 CONTINUE
C  ***** CALCULO DE LAS COMPONENTES DE BARRA J>I *****
      LI=I-W+1
      IF(LI.LT.1) LI=1
      DO 15 K=LI,I-1
      IF(VEC(LU2F(2,K,I,K))) 15,15,14
   14 IF(VEC(LU2F(24,K,I,K))) 15,15,16
   16 U=-3
      DO 13 II=1,IS
      U=U+3
      DO 13 JJ=1,3
      DO 13 LL=1,3
      ROT=SIGN1(LL,JJ)*VEC(LU4F(7,K,I,LL,JJ))
      LUG=LU2F(26,I,JJ+U,1)
   13 VEC(LUG)=VEC(LUG)+ROT*VEC(LU3F(28,K,I,LL+U))
   15 CONTINUE
    1 CONTINUE
C  ***** CALCULA FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO *****
      DO 34 I=1,N
      DO 34 J=1,NF
      LUG=LU2F(5,I,J,1)
      L25=LU2F(25,I,J,1)
      L26=LU2F(26,I,J,1)
      VEC(L25)=VEC(L25)+VEC(L26)
   34 VEC(LUG)=VEC(LUG)-VEC(L26)
```

***** ESCRITURA DE FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO *****

```
   DO 21 II=1,N
   IF(NF.LT.5) GO TO 10
   WRITE(6,23) II,(VEC(LU2F(26,II,IH,1)),IH=1,6)
23 FORMAT(/3X,"NUDO",I3,6F14.4)
   GO TO 31
10 WRITE(6,22) II,(VEC(LU2F(26,II,IH,1)),IH=1,3)
22 FORMAT(6X,"NUDO ",I2,2X,F14.4,5(6X,F14.4))
31 DO 21 NB=1,NF
21 VEC(LU2F(26,II,NB,1))=0
   RETURN
   END
```

```
C*************************************************************************
C                          SUBROUTINE REAC
C
C     CALCULA LAS REACCIONES DE LA ESTRUCCTURA.
C*************************************************************************
      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF,SIGN1(6,6)
      COMMON/BLOCK6/ ESC(30),PESC,VN,VA,VB,VC
      DIMENSION WW(6)
      WRITE(6,9)
    9 FORMAT(/,40X,"REACCIONES",/)
C
C  ***** DETERMINACION DE EXISTENCIA DE APOYOS *****
C
      IS=NF/3
      DO 21 I=1,N
      DO 1 J=1,NF
      IF(VEC(LU2F(4,I,J,1))) 2,2,1
C
C   ***** CALCULO DE LAS COMPONENTES DE BARRA I>J *****
C
    2 DO 8 F=1,NF
    8 WW(F)=0
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
      DO 5 K=I+1,LS
      IF(VEC(LU2F(2,I,K,I))) 5,5,4
    4 U=-3
      DO 3 II=1,IS
      U=U+3
      DO 3 JJ=1,3
      DO 3 LL=1,3
      LLU=LL+U
      ROT=VEC(LU4F(7,I,K,LL,JJ))
      WW(JJ+U)=WW(JJ+U)+ROT*VEC(LU3F(20,I,K,LLU))
    3 CONTINUE
    5 CONTINUE
C
C   ***** CALCULO DE LAS COMPONENTES DE BARRA J>I *****
C
      LI=I-W+1
      IF(LI.LT.1) LI=1
      DO 15 K=LI,I-1
      IF(VEC(LU2F(2,K,I,K))) 15,15,14
   14 U=-3
      DO 13 II=1,IS
      U=U+3
      DO 13 JJ=1,3
      DO 13 LL=1,3
      LLU=LL+U
      ROT=SIGN1(LL,JJ)*VEC(LU4F(7,K,I,LL,JJ))
      WW(JJ+U)=WW(JJ+U)+ROT*VEC(LU3F(21,K,I,LLU))
   13 CONTINUE
   15 CONTINUE
```

```
      ***** ESCRITURA DE REACCIONES *****
      IF(NF.LT.5) GO TO 10
      WRITE(6,23) I,(WW(IH),IH=1,6)
23    FORMAT(3X,"NUDO",I3,6F14.4)
      GO TO 21
10    WRITE(6,22) I,(WW(IH),IH=1,3)
22    FORMAT(6X,"NUDO ",I2,2X,F14.4,2(6X,F14.4))
      GO TO 21
1     CONTINUE
21    CONTINUE
      RETURN
      END
```

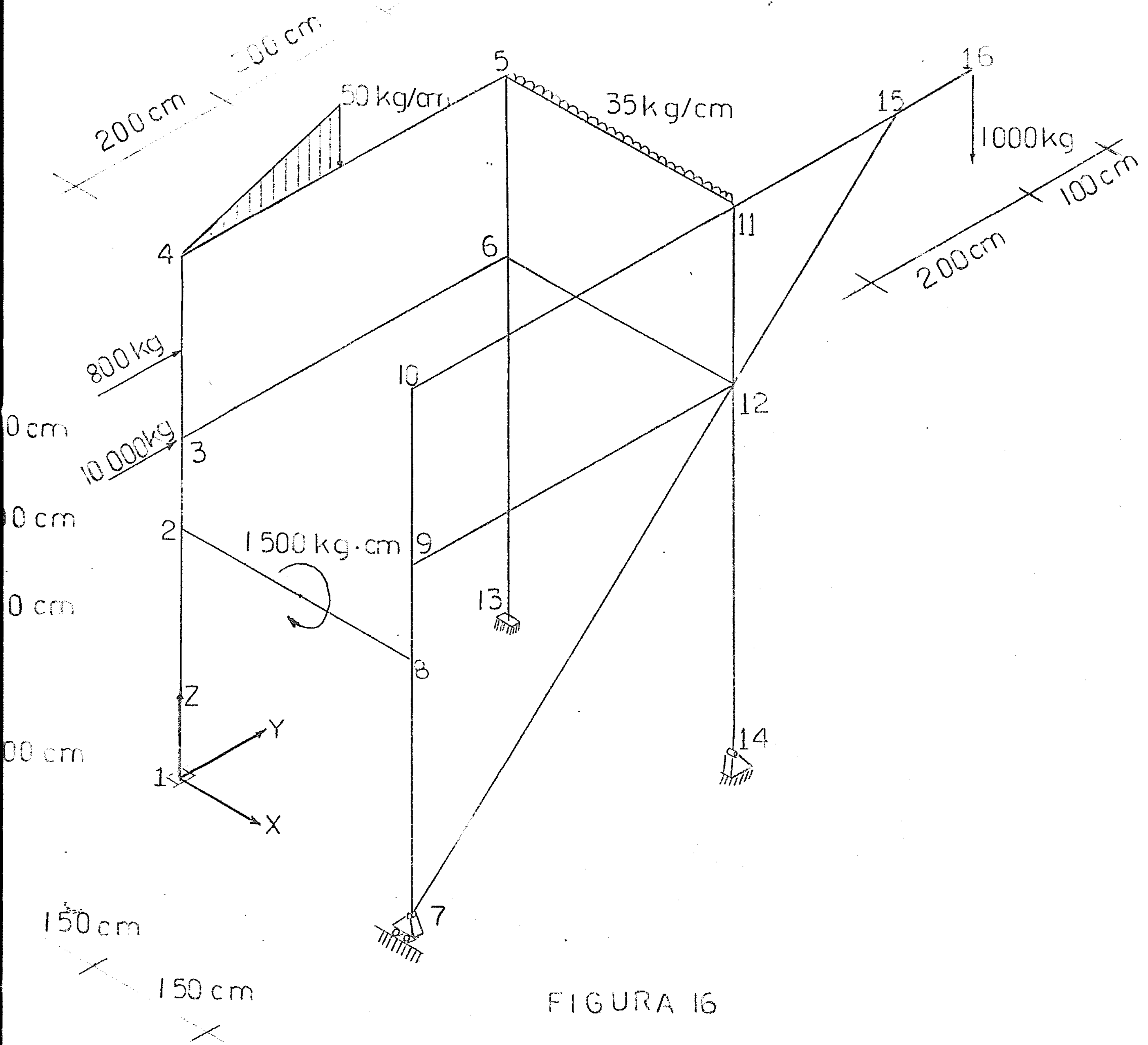
```
***********************************************************************
                       SUBROUTINE ESCRI
C
C         IMPRIME LOS ARREGLOS EMPLEADOS EN EL ANALISIS.
***********************************************************************
C
      COMMON/BLOCK1/ VEC(40000),N,W,NA,NF
      COMMON/BLOCK2/ D(120),DIM,NWA,EXIST,CONTOR
      COMMON/BLOCK6/ ESC(30),PESC,VN,VA,VB,VC
      GO TO (1,2,3,4,5,6),PESC
C
C               ***** IMPRESION DE AREAS DE MEMORIA *****
C
    1 WRITE(6,60)
   60 FORMAT(30X,"AREAS DE MEMORIA",//)
      DO 61 I=1,105,4
   61 WRITE(6,62) I,(D(J),J=I,I+3)
   62 FORMAT(15X,5(I6,6X))
      GO TO 100
C
C           ***** IMPRESION DE MATRICES DE LA FORMA N *****
C
    2 WRITE(6,63) VN,VA
   63 FORMAT(41X,"VECTOR # ",I2," DE LONGITUD ",I4,//)
      NI=INT(VA/12)
      DO 64 I=1,NI
      II=VA-(I-1)*12
      IK=(I-1)*12+1
      KR=12
      IF(II.LT.12) KR=II
      WRITE(6,65) (VEC(LU1F(VN,J)),J=IK,IK+KR-1)
   64 WRITE(6,20)
      GO TO 100
   65 FORMAT(5X,8F16.4)
C
C     ***** IMPRESION DE MATRICES BANDEADAS DE LA FORMA N * VB *****
C
    3 WRITE(6,66) VN,VA,VB
   66 FORMAT(30X,"MATRIZ # ",I2,2X,"DE ORDEN    ",I4," X ",I3,//)
      DO 67 I=1,VA
      LS=I+VB-1
      IF(LS.GT.VA) LS=VA
   67 WRITE(6,65) (VEC(LU2F(VN,I,J,I)),J=I,LS)
      GO TO 100
C
C            ***** IMPRESION DE MATRICES DE LA FORMA N * VB *****
C
    4 WRITE(6,66) VN,N,VB
      NI=INT(N/12)
      DO 68 I=1,NI
      II=N-(I-1)*12
      IK=(I-1)*12+1
      KR=12
      IF(II.LT.12) KR=II
```

```
      DC 69 J=1,VE
   69 WRITE(6,65) (VEC(LU2F(VN,K,J,1)),K=IK,IK+KR-1)
   68 WRITE(6,20)
      GO TO 100

  ***** IMPRESION DE MATRICES BANDEADAS DE LA FORMA N * VB * VC *****

    5 WRITE(6,70) VN,N,VB,VC
   70 FORMAT(30X,"MATRIZ # ",I2,2X,"DE ORDEN     ",I4," X ",
     *I4," X ",I4,//)
      DO 71 I=1,N
      DC 72 J=1,VC
      LS=I+VB-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
   72 WRITE(6,65) (VEC(LU3F(VN,I,K,J)),K=I,LS)
   71 WRITE(6,20)
      GC TO 100

*** IMPRESION DE MATRICES BANDEADAS DE LA FORMA N * VB * NF * NF ****

    6 WRITE(6,73) VN,N,VB,VC,VC
   73 FORMAT(31X,"MATRIZ # ",I2,2X,"DE ORDEN     ",I4," X ",
     *I4," X ",I2," X ",I2,//)
      DC 74 I=1,N
      DO 73 J=1,NF
      DO 75 K=1,NF
      LS=I+W-1
      IF(LS.GT.N) LS=N
   75 WRITE(6,65) (VEC(LU4F(VN,I,L,J,K)),L=I,LS)
   74 WRITE(6,20)
   20 FORMAT(/)
  100 WRITE(6,76)
   76 FORMAT(3(/))
      RETURN
      END
```

CAPITULO III

EJEMPLOS ILUSTRATIVOS.

CON EL OBJETO DE EJEMPLIFICAR EL USO DEL PROGRAMA, EN ESTA SECCION ANALIZA UN MARCO TRIDIMENSONAL SUJETO A LAS ACCIONES DE DOS CONJUN- DE CARGAS INDEPENDIENTES [FIG(16) Y FIG(17)]. TODAS LAS BARRAS PO- N LAS SIGUIENTES PROPIEDADES ELASTICAS: E=2100000 KG/CM^2, G=700000 CM^2. LAS BARAS CUYA LONGITUD SEA MAYOR A 300 CM, LAS SIGUIENTES PRO- DADES GEOMETRICAS: A = 130 CM^2, J = 4000 CM^4, IZ = 80000 CM^4, IY = 0 CM^4 Y H = 18 CM, MIENTRAS QUE PARA LAS RESTANTES SON: A = 65 CM^2, J 2000 CM^4, IZ = 40000 CM^4, IY = 4000 CM^4 Y H = 9 CM. EL NUDO 1 DE LA RUCTURA DE LA FIG(16) SUFRE UN DESPLAZAMIENTO DE 2 CM, 1 CM Y 4 CM, LAS DIRECCIONES X, Y, Z RESPECTIVAMENTE. LOS ELEMENTOS 3-6 Y 9-10 DE FIG(17) SON 3 CM Y 2 CM MAS CORTOS DE LO QUE ORIGINALMENTE SE HABIAN E#ADO, Y LAS BARRAS 4-5 Y 10-11 ESTAN SUJETAS A VARIACIONES DE TEM- ATURA DE 20 °C, 30 °C, 20 °C, 30 °C EN LAS CARAS SUPERIOR, INFERIOR, +Z -Z RESPECTIVAMENTE, SIENDO EL COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA DE 0001 °C^{-1}.



200 cm
50 kg/cm
35 kg/cm
1000 kg
100 cm
200 cm
800 kg
10 000 kg
1 500 kg·cm
Z
Y
X
150 cm
150 cm
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16

FIGURA 16

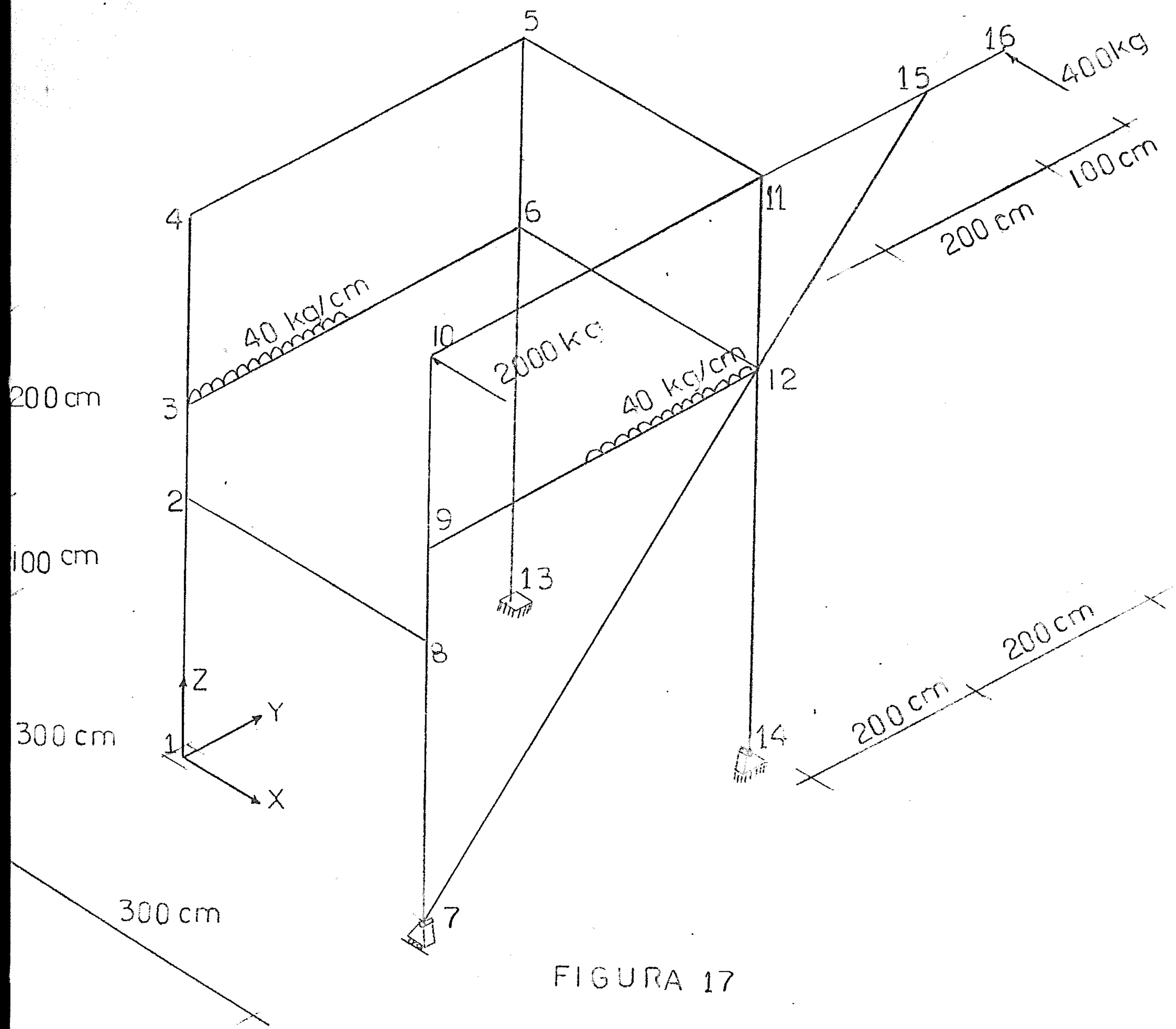

5
16
400kg
15
100 cm
11
200 cm
4
6
40 kg/cm
10
2000 kg
40 kg/cm
12
200 cm
3
2
9
100 cm
13
8
Z
Y
200 cm
200 cm
300 cm
1
14
X
300 cm
7

FIGURA 17

```
MARESP
16,8,1,2100000,1,1,1,750000
BARRAS
1,2,65,1,40000,4000,2500,1
2,3,65,1,40000,4000,2500,1
2,8,65,1,40000,4000,2500,1
3,4,65,1,40000,4000,2500,1
3,6,130,1,80000,8000,4500,1
4,5,130,1,80000,8000,4500,1
5,6,65,1,40000,4000,2500,1
5,11,65,1,40000,4000,2500,1
6,12,65,1,40000,4000,2500,1
6,13,130,1,80000,8000,4500,1
7,8,65,1,40000,4000,2500,1
7,12,130,1,80000,8000,4500,1
8,9,65,1,40000,4000,2500,1
8,10,65,1,40000,4000,2500,1
9,12,130,1,80000,8000,4500,1
10,11,130,1,80000,8000,4500,1
11,12,65,1,40000,4000,2500,1
11,15,65,1,40000,4000,2500,1
12,14,130,1,80000,8000,4500,1
13,15,65,1,40000,4000,2500,1
13,16,65,1,40000,4000,2500,1
0,0,0,0,0,0,0,0
COOR
1,0,0,0
2,0,300,0
3,0,400,0
4,0,600,0
5,0,600,400
6,0,400,400
7,300,0,0
8,300,300,0
9,300,400,0
10,300,600,0
11,300,600,400
12,300,400,400
13,300,400
14,300,0,400
15,300,600,600
16,300,600,700
0,0,0,0
CONTOR
1,0,0,0,0,0,0
7,1,0,0,1,0,0
13,0,0,0,0,0,0
14,0,0,0,1,0,0
0,0,0,0,0,0,0
FUERZA
5,0,0,-10000,0,0,0
16,0,0,-10000,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0
```

```
OPCION
FUEBAR
2,8,5,150,0,0,0,0,0,0,1500
3,4,1,100,0,0,800,0,0,0,0
4,5,3,0,200,0,50,0,0,0,0
5,11,2,0,0,0,35,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
ASENTA
1,2,1,4,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0
CALCU
FUERZA
10,-2000,0,0,0,0,0
16,-400,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0
OPCION
FUEBAR
3,6,2,0,200,0,40,0,0,0,0
9,12,2,0,200,0,40,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
TEMPER
1,1,1,1,0.00001,1,0
4,5,20,30,20,30,1,18
10,11,20,30,20,30,1,18
5,11,20,30,20,30,1,9
0,0,0,0,0,0,0,0
AJUSTE
3,6,3,0,0,0,0,0
9,10,2,0,0,0,0,0
0,0,0,0,0,0,0,0
CALCU
FIN
```

ANALISIS # 1

MATRIZ DE COORDENADAS — CONDICIONES DE CONTORN

NUDO	COOR X	COOR Y	COOR Z	DX	DY	DZ	GX
1	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
2	0.00	300.00	0.00	1	1	1	1
3	0.00	400.00	0.00	1	1	1	1
4	0.00	600.00	0.00	1	1	1	1
5	0.00	600.00	400.00	1	1	1	1
6	0.00	400.00	400.00	1	1	1	1
7	100.00	0.00	0.00	1	0	0	1
8	100.00	300.00	0.00	1	1	1	1
9	100.00	400.00	0.00	1	1	1	1
10	100.00	600.00	0.00	1	1	1	1
11	100.00	600.00	400.00	1	1	1	1
12	100.00	400.00	400.00	1	1	1	1
13	0.00	0.00	400.00	0	0	0	0
14	100.00	0.00	400.00	0	0	0	1
15	100.00	6[illegible]0.00	600.00	1	1	1	1
16	100.00	500.00	700.00	1	1	1	1

MATRIZ DE FUERZA

DO	FZA X	FZA Y	FZA Z	MTO X	MTO Y	M
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	10000.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	0.00	-1000.00	0.00	0.00	0.00	

FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO CORRESPONDIENTES AL CONJUNTO DE CARGAS: 1
ORIGINADAS POR FUERZAS APLICADAS SOBRE LAS BARRAS

	FZA X	FZA Y	FZA Z	MTO X	MTO Y
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	-7.5000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	-400.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	-4025.0000	0.0000	266666.6667	0.0000
5	0.0000	-1375.0000	0.0000	-150000.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	22.5000	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO CORRESPONDIENTES AL CONJUNTO DE CARGAS: 2
ORIGINADAS POR ASENTAMIENTOS DE LOS APOYOS

	FZA X	FZA Y	FZA Z	MTO X	MTO Y	
1	74666.6667	455000.0000	14933.3333	2240000.0000	0.0000	-112
2	-74666.6667	-455000.0000	-14933.3333	2240000.0000	0.0000	-112
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

149

FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO (TOTALES)

	FZA X	FZA Y	FZA Z	MTO X	MTO Y	
1	74666.6667	455[illegible].[illegible]	14933.3333	2240000.0000	0.0000	-1
2	-74666.6667	-455[illegible].5000	-14933.3333	2240000.0000	0.0000	-1
3	0.0000	-400.[illegible]	0.0000	0.0000	0.0000	
4	0.0000	-4025.[illegible]	0.0000	-266666.6667	0.0000	
5	0.0000	-137[illegible].[illegible]	0.0000	-150000.0000	0.0000	
6	0.0000	[illegible]	0.0000	0.0000	0.0000	
7	0.0000	[illegible]	0.0000	0.0000	0.0000	
8	0.0000	2[illegible].[illegible]	0.0000	0.0000	0.0000	
9	0.0000	[illegible]	0.0000	0.0000	0.0000	
10	0.0000	[illegible]	0.0000	0.0000	0.0000	
11	0.0000	[illegible]	0.0000	0.0000	0.0000	
12	0.0000	[illegible]	0.0000	0.0000	0.0000	
13	0.0000	[illegible]	0.0000	0.0000	0.0000	
14	0.0000	[illegible]	0.0000	0.0000	0.0000	
15	0.0000	[illegible]	0.0000	0.0000	0.0000	
16	0.0000	[illegible]	0.0000	0.0000	0.0000	

PROPIEDADES DE BARRA

A	LONGITUD	AREA	MOD ELAS	MOD RIG	C TORSION	MTO IY	MT
[illegible]	300.0000	65.0000	.2100E+07	.1000E+01	.1400E+10	.4000E+05	.40
[illegible]	[illegible]	65.0000	.2100E+07	.1000E+01	.1400E+10	.4000E+05	.40
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.1400E+10	.4000E+05	.40
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.1400E+10	.4000E+05	.40
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.2800E+10	.8000E+05	.80
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.2800E+10	.8000E+05	.80
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.1400E+10	.4000E+05	.40
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.1400E+10	.4000E+05	.40
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.1400E+10	.4000E+05	.40
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.2800E+10	.8000E+05	.80
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.1400E+10	.4000E+05	.40
[illegible]	565.6854	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.2800E+10	.8000E+05	.80
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.1400E+10	.4000E+05	.40
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.1400E+10	.4000E+05	.40
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.2800E+10	.8000E+05	.80
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.2800E+10	.8000E+05	.80
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.1400E+10	.4000E+05	.40
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.1400E+10	.4000E+05	.40
[illegible]	[illegible]	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.2800E+10	.8000E+05	.80
[illegible]	282.8427	[illegible]	.2100E+07	.1000E+01	.1400E+10	.4000E+05	.40
[illegible]	[illegible]	65.0000	.2100E+07	.1000E+01	.1400E+10	.4000E+05	.40

ELEMENTOS MECANICOS

RA	FZA X	FZA Y	FZA Z	MTO X	MTO Y	
2	-55300.6557	56168.3799	7205.6617	10298.8950	1374045.8735	-91
1	-55300.6557	56168.3799	-7205.6617	-10298.8950	-737652.6354	-77
3	-8616.7318	72.7126	-6577.9981	-23756.5543	-738777.9144	
3	-8616.7318	72.7126	-6577.9981	-23756.5543	-1396577.7224	
2	-5609.6674	-46663.9230	627.6636	48874.7210	34055.4493	76
2	-5609.6674	-46663.9230	-627.6636	48874.7210	-154243.6355	63
4	[illegible]	-36.9120	-1118.3440	6780.4011	-151875.9250	
4	[illegible]	-36.9120	1118.3440	6780.4011	-111732.8777	
3	-1525.9541	-13439.7757	-99.6245	-17053.3462	-30536.9554	15
3	-1525.9541	-13439.7757	99.6245	-17053.3462	9312.8477	34
5	-1318.0440	[illegible]	26.9120	-17198.5309	6780.4011	
5	-1318.0440	-1976.9561	-26.9120	-17198.5309	-3984.3820	
4	[illegible]	540.0825	933.3246	8782.0783	-1296.9949	
4	[illegible]	540.0825	-933.3246	8782.0783	-198061.9186	
6	[illegible]	-793.6049	-334.2194	-11085.9196	4797.6963	
6	[illegible]	-793.6049	334.2194	-11085.9196	-95468.1221	
5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	20.4538	-16893.0364	
5	[illegible]	[illegible]	[illegible]	20.4538	-7405.6656	
[illegible]	19764.2875	14.9076	[illegible]	1801.3896	-1381.1376	
[illegible]	19764.2875	14.9076	1.4365	1801.3896	191.4743	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	-19.4292	222.2128	2093.5709	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	19.4292	222.2128	-3735.2031	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-1359.0037	-2093.5709	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-1359.0037	69.9120	
[illegible]	[illegible]	-1119.9174	-400.4732	282.6102	-21695.3551	
[illegible]	[illegible]	-1119.9174	400.4732	282.6102	-18441.9636	
[illegible]	[illegible]	-1503.9945	[illegible]	-64.3275	-19705.1531	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-64.3275	20336.8310	
[illegible]	[illegible]	161.3110	[illegible]	-1410.3304	846.9378	
[illegible]	[illegible]	161.3110	[illegible]	-1410.3304	-22471.8067	
[illegible]	[illegible]	74.5563	-6.9945	1.7899	7686.1108	
[illegible]	[illegible]	74.5563	6.9945	1.7899	-16711.6954	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	-2234.5004	485.6128	23727.9442	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	2234.5004	485.6128	-23172.1373	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5.2059	12372.5661	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2264.5628	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	4.9626	[illegible]	-1985.6596	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0.0000	
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1878.9488	-5101.6358	
[illegible]	-1299.1214	92.4300	[illegible]	1878.9488	-8695.7167	
[illegible]	0.0000	-1000.0000	-168.9859	0.0000	-16893.5859	1
5	0.0000	-1000.0000	168.9859	0.0000	0.0000	

REACCIONES

1	56168.3799	55300.6557	7205.6617	1374045.8735	-10298.8950	-91
7	-0.0000	925.6688	939.4567	-0.0000	7517.5739	
13	14.9076	-19764.2875	1.4365	193.4743	-1801.3896	
14	1333.7856	115.3662	4.9626	0.0000	1235.9481	-1

ANALISIS # 2

FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO CORRESPONDIENTES AL CONJUNTO DE CARGAS: 1
ORIGINADAS POR FUERZAS APLICADAS SOBRE LAS BARRAS

	FZA X	FZA Y	FZA Z	MTO X	MTO Y
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	-6500.0000	0.0000	366666.6667	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	-1500.0000	0.0000	-166666.6667	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0000	-6500.0000	0.0000	366666.6667	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	-1500.0000	0.0000	-166666.6667	0.0000
13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO CORRESPONDIENTES AL CONJUNTO DE CARGAS: 2
ORIGINADAS POR VARIACIONES TERMICAS

	FZA X	FZA Y	FZA Z	MTO X	MTO Y	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
4	0.0000	0.0000	-13650.0000	933333.3333	933333.3333	
5	-12967500.0000	0.0000	13650.0000	-933333.3333	4539917.6955	-547
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
10	0.0000	0.0000	-682500.0000	2592592.5926	2592592.5926	
11	12967500.0000	0.0000	682500.0000	-2592592.5926	-3965843.6214	547
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO CORRESPONDIENTES AL CONJUNTO DE CARGAS: 3
ORIGINADAS POR FALTA DE AJUSTE DE LOS ELEMENTOS

	FZA X	FZA Y	FZA Z	MTO X	MTO Y
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	-204750.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	204750.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	0.0000	-136500.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	136500.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

FUERZAS DE EMPOTRAMIENTO (TOTALES)

	FZA X	FZA Y	FZA Z	MTO X	MTO Y	
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
3	0.0000	-650.0000	-204750.0000	366666.6667	0.0000	
4	0.0000	0.0000	-136500.0000	933333.3333	933333.3333	
5	-1296750.0000	0.0000	136500.0000	-933333.3333	4539917.6935	-54
6	0.0000	-150.0000	204750.0000	-166666.6667	0.0000	
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
9	0.0000	-137150.0000	0.0000	366666.6667	0.0000	
10	0.0000	136500.0000	-68250.0000	2592592.5926	2592592.5926	
11	1296750.0000	0.0000	68250.0000	-2592592.5926	-9065843.6214	54
12	0.0000	-150.0000	0.0000	-166666.6667	0.0000	
13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
14	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

PROPIEDADES DE BARRA

A	LONGITUD	AREA	MOD ELAS	MOD RIG	C TORSION	MTO IY	MT
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	165.6854	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	282.3427	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	100.0000	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

154

ELEMENTOS MECANICOS

RA	FZA X	FZA Y	FZA Z	MTO X	MTO Y	
2	30386.1545	14463.3010	-5530.0776	59086.7998	-1053202.7622	[illegible]
[illegible]	30386.1545	14463.3010	-5530.0776	59086.7998	605820.5300	[illegible]
[illegible]	[illegible]	-16994.9700	-8517.6517	-369885.1332	565473.0547	[illegible]
[illegible]	[illegible]	-16994.9700	-8517.6517	-369885.1332	1417238.2244	[illegible]
[illegible]	[illegible]	14549.9417	-5937.5741	-403347.4754	96075.9330	[illegible]
[illegible]	[illegible]	14549.9417	-5937.5744	-403347.4754	-3800196.2840	[illegible]
[illegible]	[illegible]	-17634.9239	-10120.1615	412542.0153	1127684.6984	[illegible]
[illegible]	[illegible]	-17634.9239	-10120.1615	412542.0153	-896347.6040	[illegible]

REACCIONES

1	14463.3010	-30386.1545	-5530.0776	-1053202.7622	-59086.7998	-13…
7	0.0000	41857.4777	41738.4175	-0.0000	78115.5779	
3	244161.7247	-743037.1023	-238.3584	-3785.1986	-16545.6391	-263…
4	11668.4250	121138.0303	-231.9297	-0.0000	10464.2698	-15…

CONCLUSIONES.

UNA CARACTERISTICA COMUN ENTRE CUALQUIER METODO DE ANALISIS DE ES-
CTURAS RETICULARES, ES QUE SU SOLUCION PUEDE INVOLUCRAR A UN GRAN
ERO DE OPERACIONES, POR LO QUE QUE NORMALMENTE RESULTA INDISPENSABLE
IMPLEMENTACION EN ALGORITMOS QUE SE RESUELVAN MEDIANTE PROGRAMAS DE
PUTADORA. EN LA MAYORIA DE LOS CASOS, LOS METODOS MATRICIALES DE
LISIS RESULTAN SER LOS MAS ADECUADOS PARA ELABORAR DICHOS PROGRAMAS,
QUE PERMITEN ESTABLECER UN CLARO PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA EN EX-
SIONES COMPACTAS QUE PUEDEN SER FACILMENTE TRADUCIDAS A INSTRUCCIO-
DEL PROGRAMA. ENTRE LOS METODOS MATRICIALES, EL METODO DE RIGIDECES
SENTA LA VENTAJA DE POSEER UN ALGORITMO DEFINIDO QUE NO INVOLUCRA
ISIONES (CONTRARIAMENTE AL DE FLEXIBILIDADES, CUYA SOLUCION REQUIERE
LA ELECCION DE REDUNDANTES), MEDIANTE EL CUAL NO SOLO SE PUEDEN ANA-
AR ESTRUCTURAS SUJETAS A CARGAS APLICADAS EN LOS NUDOS, SINO QUE ES
IBLE ANALIZAR CON IGUAL FACILIDAD ESTRUCTURAS SUJETAS A DIFERENTES
CTOS EXTERNOS, TALES COMO LOS TRATADOS EN EL PRESENTE TRABAJO: VA-
CION TERMICA, ASENTAMIENTO DE APOYOS, FALTA DE AJUSTE DE LA ESTRUC-
A Y FUERZAS APLICADAS SOBRE LAS BARRAS, ASI COMO ALGUNOS OTROS QUE
SE HAN CONTEMPLADO EN EL DESARROLLO DEL PROGRAMA: ESTRUCTURAS CON
MENTOS NO PRISMATICOS, CON APOYOS INCLINADOS, CON APOYOS ELASTICOS,
UNIONES SEMIRIGIDAS, CON UNIONES COMBINADAS, ETC., CUYAS SUBRUTINAS
ANALISIS PUEDEN SER INCLUIDAS EN EL FINAL DEL PROGRAMA, Y SUS MA-
INSTRUCCIONES CORRESPONDIENTES EN EL BLOQUE "BLOCK DATA".

EL PROGRAMA DE ESTA TESIS, FUE VERIFICADO AL REALIZAR EL ANALISIS
DIFERENTES ESTRUCTURAS (ENTRE ELLAS, ALGUNOS EJEMPLOS DE LOS LIBROS
AS REFERENCIAS SON: [1] Y [4]) Y COMPARATIVAMENTE CON LOS RESULTADOS
ENIDOS MEDIANTE EL PAQUETE DE ANALISIS "STRESS", EN DONDE SE OBSERVO

TANTO LOS TIEMPOS DE ENTRADA/SALIDA COMO LOS DE PROCESADOR CENTRAL
LEADOS EN EL PROGRAMA DE ESTA TESIS, SON MAYORES A LOS REQUERIDOS A
DEL PAQUETE "STRESS". LA DIFERENCIA DE TIEMPOS, ES ESENCIALMENTE
GINADA POR EL TIEMPO REQUERIDO EN EL CALCULO DE LAS POSICIONES DE
ELEMENTOS DE LAS MATRICES Y VECTORES DENTRO DE LA BASE INTERNA DE
OS VEC[] A PARTIR DE LAS FUNCIONES DE LOCALIZACION (LU1F, LU2F, LU3F
LU4F) Y DE LOS APUNTADORES CONTENIDOS EN D[]. SIN EMBARGO ES GRACIAS
ESTA BASE DE DATOS, LO QUE HACE POSIBLE QUE EL PROGRAMA PUEDA SER
LIZADO EN COMPUTADORAS DE MENOR CAPACIDAD DE MEMORIA Y POR CONSI-
ENTE, DE MAS FACIL ACCESO, YA QUE:

- REDUCE NOTABLEMENTE LAS LOCALIDADES DE MEMORIA EMPLEADAS AL SOLO ACENAR EL SEMIANCHO DE BANDA DE LAS MATRICES Y VECTORES.
- PERMITE QUE EL ESPACIO DE MEMORIA ASIGNADO AL PROGRAMA DURANTE ANALISIS SEA UTILIZADO EN SU TOTALIDAD, A PESAR DE QUE EL NUMERO DE ENSIONES DE ALGUNAS MATRICES (RIGIDEZ, ROTACION, ETC.) VARIE CON EL DE ESTRUCTURA (ARMADURA, MARCO PLANO, ETC.) QUE SE ANALIZA.
- AUN Y CUANDO LA MEMORIA TOTAL REQUERIDA EN EL ANAISIS DE GRANDES RUCTURAS PUEDA EXCEDER LA CAPACIDAD DE ACCESO DIRECTO DE LA MAYORIA LAS MINICOMPUTADORAS, LA BASE DE DATOS QUE SE INCLUYE EN EL PROGRAMA MITE QUE SEAN ELABORADOS CON FACILIDAD ALGORITMOS DE ESCRITURA Y TURA EN ARCHIVOS INDEXADOS (NO SECUENCIALES) QUE PODRAN CONTENER LA ORMACION QUE NO SEA NECESARIA EN UNA ETAPA DETERMINADA DEL ANALISIS, QUE POSTERIORMENTE SERA LEIDA PARA SU UTILIZACION. LOS ALGORITMOS MANEJO DE ARCHIVOS INDEXADOS, DEBERAN DE SER COMPATIBLES CON LAS CA- TERISTICAS DE LOS PERIFERICOS DE ALMACENAMIENTO (COMUNMENTE DISCOS IDOS O FLEXIBLES), ASI COMO LOS DEL TIPO DE COMPUTADORA UTILIZADA, ON POR LA CUAL NO SE HA ELBORADO UNA SUBRUTINA QUE REALICE EL BAN- DE MEMORIA; SIN EMBARGO EN LA PRESENTE TESIS, SE INCLUYEN ALGUNOS

MENTOS A PARTIR DE LOS CUALES DICHO BANQUEO PUEDE SER REALIZADO, TAL COMO EL PLANO DE APUNTADORES [FIG(15)] DE TODAS LAS MATRICES Y VECTORES INVOLUCRADOS EN EL ANALISIS, ASI COMO UN CONJUNTO DE FUNCIONES DE LOCALIZACION QUE ASIGNAN POSICIONES UNICAS A CADA UNO DE LOS ELEMENTOS DE DICHAS MATRICES O VECTORES.

BIBLIOGRAFIA.

1.- HAYRETTIN KARDENSTUNCER
INTRODUCCION AL ANALISIS ESTRUCTURAL CON MATRICES
EDITORIAL MC.GRAW-HILL., COLOMBIA, 1975.

2.- HARRISON H.B.
COMPUTER METHODS IN STRUCTURAL ANALYSIS
PRETICE-HALL, INC., ENGLEWOOD CLIFFS. NEW JEARSEY, 1973.

3.- ATHUR S. HALL Y RONALD W. WOODHEAD
FRAME ANALYSIS
EDIT. JOHN WILLEY & SONS, INC., NEW YORK, 1975.

4.- RODOLFO LUTHE
ANALISIS ESTRUCTURAL
REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA S.A., MEXICO D.F.,197

5.- FORTRAN, REFERENCE MANUAL B7000/B6000 SERIES
BURROUGHS CORPORATION, DETROIT, MICHIGAN 1978.