

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS:

**“DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA EL DISEÑO
EN CONCRETO ARMADO EN ZONAS
BIDIMENSIONALES PERTURBADAS”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
MIRANDA VINO, ALEX EDER**

**ASESOR:
ING. ALVA VILLACORTA, OSCAR FREDY**

**HUARAZ - ANCASH – PERÚ
2022**



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A
OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

1. Datos del autor:

Apellidos y Nombres: _____

Código de alumno: _____

Teléfono: _____

E-mail: _____

D.N.I. n°: _____

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional

Trabajo Académico

Trabajo de Investigación

Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Para optar el Título Profesional de:

4. Título del trabajo de investigación:

5. Facultad de: _____

6. Escuela o Carrera: _____

7. Línea de Investigación (*): _____

8. Sub-línea de Investigación (*): _____

() Según resolución de aprobación del proyecto de tesis*

9. Asesor:

Apellidos y nombres _____ D.N.I n°: _____

E-mail: _____ ID ORCID: _____

10. Referencia bibliográfica: _____

11. Tipo de acceso al Documento:

Acceso público* al contenido completo.

Acceso restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:



12. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

Firma del autor

13. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia Creative Commons, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

14. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Seleccione la
Fecha de Acto de sustentación:

Huaraz,

Firma:



Varillas Wiliam Eduardo

Asistente en Informática y Sistemas

- UNASAM -

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



AGRADECIMIENTOS

A todos los docentes de la escuela de Ingeniería Civil que contribuyeron a mi formación profesional, tanto por su amplio conocimiento y su noble exigencia.

También como no agradecer a la vida por los múltiples retos y dificultades, que siempre me obligaron a esforzarme.





DEDICATORIA

El presente trabajo está dirigido a todas las personas que contribuyeron en mi desarrollo personal y profesional, aunque algunos todo lo material les faltaba, y a muchos el conocimiento, los valores y la ética les sobraba, sus consejos y el compartir su experiencia me ayudaron a ser más humano, y como no agradecer también a todos aquellos que intentaron frustrar este camino llamado ingeniería, gracias a ellos logre la fortaleza frente a cualquier adversidad.

Y como no agradecer a ese ser supremo llamado Dios, ya que él te da las oportunidades y tú decides que hacer con ellas.



INDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| AGRADECIMIENTO | i |
| DEDICATORIA | ii |
| INDICE GENERAL | iii |
| INDICE DE TABLAS | vii |
| INDICE DE FIGURAS | viii |
| RESUMEN | xiii |
| ABSTRAC | xiv |
| INTRODUCCION | xv |
| CAPITULO I: PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA | 1 |
| 1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 1.3. JUSTIFICACION DE LA INESTIGACION..... | 3 |
| 1.4. ALCANCES DE LA INVESTIGACION..... | 3 |
| 1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION..... | 4 |
| CAPITULO II: OBJETIVOS E HIPOTESIS | 5 |
| 2.1. OBJETIVO GENERAL..... | 5 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS..... | 5 |
| 2.3. HIPOTESIS GENERAL..... | 6 |
| 2.4. VARIABLES..... | 6 |
| CAPITULO III: MARCO REFERENCIAL | 8 |
| 3.1. ANTECEDENTES..... | 8 |
| 3.2. MARCO TEORICO..... | 11 |
| 3.2.1. PROPIEDADES MECANICAS DE LOS MATERIALES..... | 11 |
| 3.2.2. DIAGRAMA ESFUERZO-DEFORMACION UNITARIA..... | 13 |
| 3.2.3. PRINCIPIO DE SAINT VENANT Y CONCENTRACIONES DE ESFUERZOS..... | 18 |
| 3.2.4. SOLUCION MATRICIAL DE ARMADURAS PLANAS..... | 22 |
| 3.2.5. TEORIA DE FLEXION PURA..... | 23 |
| 3.2.6. MODELO PUNTAL TENSOR..... | 26 |
| 3.2.7. FACTOR DE REDUCCION DE ESFUERZO..... | 48 |
| 3.2.8. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACION E.060 -"Concreto Armado"..... | 49 |
| 3.2.9. MATLAB..... | 51 |



| | |
|---|-----------|
| 3.2.10. ENTORNO SOBRE EL SOFTWARE SAP2000 V.20..... | 62 |
| 3.2.11. RESUMEN DEL MARCO TEORICO..... | 68 |
| 3.3. MARCO CONCEPTUAL..... | 70 |
| CAPITULO IV: METODOLOGIA DE INVESTIGACION..... | 73 |
| 4.1. TIPO DE INVESTIGACION..... | 73 |
| 4.2. DISEÑO DE INVESTIGACION..... | 73 |
| 4.3. POBLACION Y MUESTRA..... | 73 |
| 4.3.1. POBLACION..... | 74 |
| 4.3.2. MUESTRA..... | 74 |
| 4.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS..... | 74 |
| CAPITULO V: DESARROLLO DE LA PROPUESTA..... | 75 |
| 5.1. PROCEDIMIENTO GENERAL SEGÚN EL CODIGO ACI318-19..... | 75 |
| 5.2. PROCEDIMIENTO GENERAL PROPUESTO..... | 76 |
| 5.2.1. DEFINIMOS LAS ZONAS PERTURBADAS O REGIONES D..... | 76 |
| 5.2.2. DEFINIMOS EL FLUJO DE TENSIONES INTERNAS..... | 76 |
| 5.2.3. DEFINIMOS EL MODELO PUNTAL-TENSOR..... | 76 |
| 5.2.4. CALCULAMOS LAS FUERZAS EN CADA BARRA DE LA CERCHA..... | 77 |
| 5.2.5. CONTROL DE NODOS..... | 80 |
| 5.2.6. CONTROL DE PUNTALES..... | 81 |
| 5.2.7. GRAFICO DE ZONAS NODALES..... | 82 |
| 5.2.8. ACERO EN TENSORES..... | 83 |
| 5.2.9. ACERO MINIMO DISTRIBUIDO..... | 84 |
| 5.3. ALGORITMO PARA SOLUCIONAR CERCHAS TEORICAS (ARMADURAS)..... | 92 |
| 5.3.1. VECTORES DE LA GEOMETRIA DE LA CERCHA..... | 92 |
| 5.3.2. RESTRICCIONES DE GRADOS DE LIBERTAD..... | 92 |
| 5.3.3. VECTOR CARGAS..... | 92 |
| 5.3.4. MATRIZ DE TRIANGULACION O FORMACION DE CERCHAS..... | 93 |
| 5.3.5. MATRIZ BASE DE CEROS PARA LA MATRIZ "A"..... | 93 |
| 5.3.6. MATRIZ DE NUDOS..... | 93 |
| 5.3.7. MATRIZ DE BARRAS..... | 93 |
| 5.3.8. MATRIZ DE BARRAS EN POSICION NORMAL Y LOGITUD DE BARRAS..... | 94 |
| 5.3.9. VECTOR DE ANGULOS QUE FORMAN LAS BARRAS..... | 95 |



| | |
|---|-----|
| 5.3.10. VECTOR GRADOS DE LIBERTAD..... | 95 |
| 5.3.11. MATRIZ "A" SIN CONSIDERAR LAS RESTRICCIONES..... | 95 |
| 5.3.12. MATRIZ "A" CONSIDERANDO LAS RESTRICCIONES..... | 96 |
| 5.3.13. MATRIZ DIAGONAL DE RIGIDECES DE LAS BARRAS..... | 97 |
| 5.3.14. MATRIIZ DE RIGIDEZ DE LA ARMADURA..... | 98 |
| 5.3.15. VECTOR DESPLAZAMIENTO EN COORDENADAS GLOBALES..... | 98 |
| 5.3.16. VECTOR DESPLAZAMIENTO EN COORDENADAS LOCALES..... | 98 |
| 5.3.17. VECTOR CARGAS INTERNAS EN LOS ELEMENTOS..... | 98 |
| 5.4. ALGORITMO PARA EL CONTROL DE NUDOS..... | 98 |
| 5.4.1. VECTOR NODOS..... | 98 |
| 5.4.2.MATRIZ DE FUERZAS QUE LLEGAN A UN NODO EN ESPECIFICO "F"..... | 99 |
| 5.4.3. MATRIZ AUXILIAR "FN" DE REORDENAMIENTO DE LA MATRIZ "F"..... | 99 |
| 5.4.4. MATRIZ DE CONTROL DE NODOS..... | 100 |
| 5.5. ALGORITMO PARA EL CONTROL DE PUNTALES..... | 103 |
| 5.5.1. MATRIZ DE CONTROL DE PUNTALES..... | 104 |
| 5.5.2. MATRIZ DE ANCHOS EFECTIVOS MAXIMOS..... | 107 |
| 5.6. ALGORITMO PARA ACERO EN TENSORES..... | 108 |
| 5.7. ALGORITMO PARA EL ACERO MINIMO..... | 112 |
| 5.8. DISEÑO DEL PROGRAMA..... | 114 |
| 5.8.1. VENTANA PRINCIPAL..... | 115 |
| A. PESTAÑA ARCHIVO..... | 117 |
| A.1. VENTANA NUEVO..... | 117 |
| B. PESTAÑA DEFINIR..... | 118 |
| B.1. VENTANA MATERIAL..... | 118 |
| B.2. VENTANA REGION D..... | 119 |
| B.3. VENTANA MODELO PUNTAL TENSOR..... | 120 |
| C. PESTAÑA EDICION..... | 121 |
| C.1. VENTANA MODIFICAR GEOMETRIA..... | 121 |
| D. PESTAÑA ASIGNAR..... | 122 |
| D.1. VENTANA RESTRICCIONES..... | 122 |
| D.2. CARGA PUNTUAL..... | 123 |
| E. PESTAÑA CALCULO..... | 124 |



| | |
|--|------------|
| E.1. VENTANA ANALISIS..... | 124 |
| E.2. VENTANA CONTROL DE NUDOS..... | 125 |
| E.3. VENTANA CONTROL DE PUNTALES..... | 126 |
| F. PESTAÑA REFUERZO..... | 127 |
| F.1. VENTANA ACERO EN TENSORES..... | 127 |
| F.2. VENTANA ACERO MINIMO..... | 128 |
| CAPITULO VI: VALIDACION Y PRUEBAS DEL PROGRAMA..... | 129 |
| 6.1. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO EN VIGA DE GRAN ALTURA..... | 129 |
| 6.1.1. SOLUCION ANALITICA..... | 129 |
| 6.1.2. SOLUCION ALGORITMICA-MATRICIAL..... | 139 |
| 6.2. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO EN BRAQUETAS O MENSULAS..... | 193 |
| 6.2.1. SOLUCION ANALITICA..... | 193 |
| 6.2.2. SOLUCION ALGORITMICA – MATRICIAL..... | 202 |
| 6.3. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PLACA CON ABERTURAS..... | 275 |
| 6.3.1. SOLUCION ANALITICA..... | 275 |
| CAPITULO VII: ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS..... | 293 |
| 7.1. VIGA DE GRAN ALTURA..... | 293 |
| 7.2. MENSULA..... | 308 |
| 7.3. PLACA CON ABERTURA..... | 330 |
| CAPITULO VIII: CONCLUSION Y RECOMENDACIONES..... | 350 |
| 8.1. CONCLUSIONES..... | 350 |
| 8.2. RECOMENDACIONES..... | 351 |
| BIBLIOGRAFIA BASICA..... | 353 |
| ANEXOS..... | 353 |



INDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|---|------------|
| Tabla 01 | Variable Independiente y Dependiente | 6 |
| Tabla 02 | Resumen de Conceptos | 68 |
| Tabla 03 | Interpretación de Resultados del Análisis en la Cercha | 79 |
| Tabla 04 | Factor de Modificación de Confinamiento "Bc" | 79 |
| Tabla 05 | Factor de Modificación por Zona Nodal "Bn" | 80 |
| Tabla 06 | Resumen de Factores "Bn" | 81 |
| Tabla 07 | Factores de Modificación para el Puntal "Bs" | 82 |
| Tabla 08 | Anchos Efectivos Máximos "Wimax" y "Wfmax" | 83 |
| Tabla 09 | Mínimo Refuerzo Distribuido | 84 |
| Tabla 10 | Comparación Matemática de Cuantías | 88 |
| Tabla 11 | Matriz [A] sin considerar las restricciones | 96 |
| Tabla 12 | Matriz Diagonal de Rigideces de las Barras [kd] | 97 |
| Tabla 13 | Vector de Cargas Internas del Análisis de la Cercha [P] | 98 |
| Tabla 14 | Matriz de Fuerzas que llegan a un Nodo [F] | 99 |
| Tabla 15 | Matriz Auxiliar [FN] de Reordenamiento de la Matriz [F] | 100 |
| Tabla 16 | Vector que Almacena el Numero de Fuerzas que llegan a un Nodo [nNodo] | 100 |
| Tabla 17 | Vector que Almacena el Acumulado del Numero de Fuerzas que llegan a un Nodo [nNodoA] | 100 |
| Tabla 18 | Matriz para el Tipo de Nodo [Tipo1] | 101 |
| Tabla 19 | Matriz para el Control de Nodos | 103 |
| Tabla 20 | Matriz Triangulación [T] | 103 |
| Tabla 21 | Matriz para Control de Barras | 104 |
| Tabla 22 | Anchos Efectivos Máximos | 107 |
| Tabla 23 | Diámetros de Refuerzos en Unidades SI | 108 |
| Tabla 24 | Diámetros de Refuerzos en Unidades mks | 109 |
| Tabla 25 | Ejemplo para el Cálculo de Varillas | 109 |
| Tabla 26 | Acero en Tensores | 109 |
| Tabla 27 | Acero Mínimo | 112 |
| Tabla 28 | Símbolos Estándar para Diagramas de Flujo | 114 |



INDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------|---|-----------|
| Figura 01 | Tipo de solicitación externas | 11 |
| Figura 02 | Curva lineal y no lineal | 13 |
| Figura 03 | Diagrama esfuerzo deformación | 15 |
| Figura 04 | Concentración de esfuerzos en proximidades de carga puntual | 19 |
| Figura 05 | Elementos finitos y la concentración de esfuerzos | 21 |
| Figura 06 | Concentración por cambio de sección | 21 |
| Figura 07 | Coordenadas globales y locales para una armadura | 22 |
| Figura 08 | Flexión Pura | 24 |
| Figura 09 | Discontinuidad geométrica | 27 |
| Figura 10 | Discontinuidad por carga concentrada | 28 |
| Figura 11 | Modelo puntal-tensor en una viga | 30 |
| Figura 12 | Fuerzas en una zona nodal | 31 |
| Figura 13 | Distribución de refuerzos en una zona nodal | 33 |
| Figura 14 | Tipo de nodo | 34 |
| Figura 15 | Modelo PT en una viga apoyada | 35 |
| Figura 16 | Coefficiente de reducción B_s | 38 |
| Figura 17 | Coefficiente de reducción B_c | 38 |
| Figura 18 | Mínimo refuerzo distribuido | 41 |
| Figura 19 | Distribución del refuerzo en una ménsula | 43 |
| Figura 20 | Zona nodal extendida y longitud de anclaje | 47 |
| Figura 21 | Coefficiente de reducción B_n | 47 |
| Figura 22 | Factores de reducción de resistencia ϕ | 49 |
| Figura 23 | Funciones de graficación - Matlab | 52 |
| Figura 24 | Tipo de marcas para líneas y color - Matlab | 53 |
| Figura 25 | Escalamiento de ejes y anotaciones - Matlab | 53 |
| Figura 26 | Tipos de estructuras para códigos - Matlab | 54 |
| Figura 27 | Operadores relacionales y lógicos – Matlab | 55 |
| Figura 28 | Simbología de diagramas de flujo - Matlab | 58 |
| Figura 29 | Funciones principales - Matlab | 59 |
| Figura 30 | Funciones principales - Matlab | 60 |
| Figura 31 | Tipo de datos - Matlab | 61 |



| | | |
|------------------|--|------------|
| Figura 32 | Organigrama de tipo de datos - Matlab | 61 |
| Figura 33 | Código de diseño - SAP2000 | 63 |
| Figura 34 | Portada del manual de diseño - SAP2000 | 63 |
| Figura 35 | Manual de diseño - SAP2000 | 64 |
| Figura 36 | Índice del manual de diseño | 65 |
| Figura 37 | Fórmulas para el diseño de vigas – SAP2000 | 67 |
| Figura 38 | Control de fisuras en puntales | 84 |
| Figura 39 | Refuerzo en un puntal agrietado | 85 |
| Figura 40 | Refuerzo horizontal en un puntal agrietado | 86 |
| Figura 41 | Refuerzo vertical en un puntal agrietado | 87 |
| Figura 42 | Malla de acero mínimo | 91 |
| Figura 43 | Pestañas del menú principal - AmDIS ESTRUCTURAL | 115 |
| Figura 44 | Menú principal – AmDIS ESTRUCTURAL | 115 |
| Figura 45 | Ventana Nuevo – AmDIS ESTRUCTURAL | 117 |
| Figura 46 | Ventana Material - AmDIS ESTRUCTURAL | 118 |
| Figura 47 | Ventana Región D – AmDIS ESTRUCTURAL | 119 |
| Figura 48 | Ventana Modelo Puntal Tensor – AmDIS ESTRUCTURAL | 120 |
| Figura 49 | Ventana Modificar Geometría – AmDIS ESTRUCTURAL | 121 |
| Figura 50 | Ventana Restricciones – AmDIS ESTRUCTURAL | 122 |
| Figura 51 | Ventana Carga Puntual – AmDIS ESTRUCTURAL | 123 |
| Figura 52 | Ventana Análisis – AmDIS ESTRUCTURAL | 124 |
| Figura 53 | Ventana Control de Nudos – AmDIS ESTRUCTURAL | 125 |
| Figura 54 | Ventana Control de Puntales – AmDIS ESTRUCTURAL | 126 |
| Figura 55 | Ventana Acero en Tensores – AmDIS ESTRUCTURAL | 127 |
| Figura 56 | Ventana Acero Mínimo – AmDIS ESTRUCTURAL | 128 |
| Figura 57 | Definimos el sistema de unidades y el código - VGA01 | 295 |
| Figura 58 | Definimos la resistencia del concreto – VGA01 | 295 |
| Figura 59 | Definimos la región D – VGA01 | 296 |
| Figura 60 | Definimos las coordenadas de la región D – VGA01 | 296 |
| Figura 61 | Definimos el modelo PT – VGA01 | 297 |
| Figura 62 | Coordenadas del modelo PT – VGA01 | 297 |
| Figura 63 | Definimos las barras – VGA01 | 297 |



| | | |
|------------------|--|------------|
| Figura 64 | Definimos el Tipo de nodo – VGA01 | 298 |
| Figura 65 | Anchos efectivos W_n – VGA01 | 298 |
| Figura 66 | Anchos efectivos W_s – VGA01 | 298 |
| Figura 67 | Anchos máximos W_i y W_f – VGA01 | 299 |
| Figura 68 | Áreas tensionadas máximas necesarias – VGA01 | 299 |
| Figura 69 | Acero en tensores – VGA01 | 300 |
| Figura 70 | Acero mínimo – VGA01 | 300 |
| Figura 71 | Refuerzo en cada elemento – VGA01 | 300 |
| Figura 72 | Exportación de la data – VGA01 | 301 |
| Figura 73 | Anchos efectivos W_n – VGA02 | 305 |
| Figura 74 | Anchos efectivos W_s – VGA02 | 305 |
| Figura 75 | Anchos máximos W_i y W_f – VGA02 | 305 |
| Figura 76 | Zonas tensionadas máximas necesarias – VGA02 | 306 |
| Figura 77 | Refuerzo en tensores – VGA02 | 306 |
| Figura 78 | Acero Mínimo – VGA02 | 306 |
| Figura 79 | Refuerzo en cada elemento – VGA02 | 307 |
| Figura 80 | Exportación en formato Excel de la Data – VGA02 | 307 |
| Figura 81 | Definimos el sistema de unidades y código – MS01 | 310 |
| Figura 82 | Resistencia del concreto – MS01 | 310 |
| Figura 83 | Numero de vértices de la región D – MS01 | 310 |
| Figura 84 | Coordenadas de la región D – MS01 | 311 |
| Figura 85 | Numero de vértices del modelo PT – MS01 | 311 |
| Figura 86 | Coordenadas del modelo PT – MS01 | 311 |
| Figura 87 | Definimos las barras del modelo PT- MS01 | 312 |
| Figura 88 | Modelo PT – MS01 | 312 |
| Figura 89 | Restricciones en el nodo 04-MS01 | 312 |
| Figura 90 | Restricciones en el nodo 03-MS01 | 313 |
| Figura 91 | Restricciones en el modelo PT-MS01 | 313 |
| Figura 92 | Fuerza horizontal en el nudo 01-MS01 | 314 |
| Figura 93 | Fuerza horizontal – MS01 | 314 |
| Figura 94 | Fuerza vertical en el nodo 01-MS01 | 315 |
| Figura 95 | Fuerza vertical y horizontal – MS01 | 315 |



| | | |
|-------------------|---|------------|
| Figura 96 | Análisis de la cercha – MS01 | 316 |
| Figura 97 | Resultados del análisis - MS01 | 316 |
| Figura 98 | Tipo de Nodo – MS01 | 317 |
| Figura 99 | Ancho efectivo W_n –MS01 | 317 |
| Figura 100 | Ancho efectivo W_s -MS01 | 317 |
| Figura 101 | Anchos máximos W_i y W_f -MS01 | 318 |
| Figura 102 | Áreas tensionadas máximas necesarias – MS01 | 318 |
| Figura 103 | Refuerzo en tensores – MS01 | 318 |
| Figura 104 | Refuerzo en cada tensor – MS01 | 319 |
| Figura 105 | Acero mínimo – MS01 | 319 |
| Figura 106 | Acero Mínimo en cada puntal – MS01 | 320 |
| Figura 107 | Exportación de la data – MS01 | 320 |
| Figura 108 | Modelo PT – MS02 | 327 |
| Figura 109 | Cargas externas – MS02 | 327 |
| Figura 110 | Resultados del análisis – MS02 | 328 |
| Figura 111 | Tipo de nodo – MS02 | 328 |
| Figura 112 | Anchos efectivo W_n – MS02 | 329 |
| Figura 113 | Anchos efectivos W_s – MS02 | 329 |
| Figura 114 | Anchos máximos – MS02 | 329 |
| Figura 115 | Áreas tensionadas máximas necesarias – MS02 | 330 |
| Figura 116 | Resistencia del material – PL02 | 338 |
| Figura 117 | Numero de vértices de la región D – PL02 | 338 |
| Figura 118 | Coordenadas de los vértices de la región D – PL02 | 338 |
| Figura 119 | Coordenadas de los vértices de la región D – PL02 | 338 |
| Figura 120 | Región D definida – PL02 | 339 |
| Figura 121 | Numero de nodos del modelo PT – PL02 | 339 |
| Figura 122 | Coordenadas del modelo PT – PL02 | 340 |
| Figura 123 | Modelo PT – PL02 | 340 |
| Figura 124 | Restricción en nodo 17 – PL02 | 341 |
| Figura 125 | Visualización de la restricción nodo 17- PL02 | 341 |
| Figura 126 | Visualización de la restricción nodo 19 – PL02 | 342 |
| Figura 127 | Asignación de la carga en el nodo 01 – PL02 | 342 |



| | | |
|-------------------|---|------------|
| Figura 128 | Visualización de la carga asignada – PL02 | 343 |
| Figura 129 | Análisis – PL02 | 343 |
| Figura 130 | Resultados del análisis – PL02 | 344 |
| Figura 131 | Tipo de nodos – PL02 | 344 |
| Figura 132 | Anchos efectivos W_n – PL02 | 345 |
| Figura 133 | Anchos efectivos W_s – PL02 | 345 |
| Figura 134 | Anchos máximos W_i y W_f – PL02 | 345 |
| Figura 135 | Áreas tensionadas máximas necesarias – PL02 | 346 |
| Figura 136 | Refuerzo en los tensores – PL02 | 346 |
| Figura 137 | Visualización de refuerzos en tensores – PL02 | 347 |
| Figura 138 | Acero mínimo – PL02 | 347 |
| Figura 139 | Visualización del acero en todos los elementos – PL02 | 348 |
| Figura 140 | Exportación de la data – PL02 | 349 |



RESUMEN

El modelo puntal-tensor según el ACI 318-19 se aplicará al diseño estructural de miembros de concreto, o regiones de miembros, donde exista discontinuidades sea de carga o geometría, las cuales causan una distribución no lineal de deformaciones, también menciona el ACI 318-19 en su comentario resaltando el principio de Saint Venant, el cual señala que los esfuerzos debidos a cargas axiales y flexión se acercan a una distribución lineal a una distancia aproximadamente igual a la altura del elemento, "h", lejos de la discontinuidad. Por esta razón se supone que las discontinuidades se extienden a una distancia "h" medida desde la sección donde se produce la carga o el cambio de geometría. En estas regiones de discontinuidad o regiones D la suposición que las secciones planas permanecen planas no son aplicables en estas regiones. Según la norma peruana en el RNE en el E.060 para la aplicación de los artículos del capítulo 10, "Flexión y Carga Axial", es necesario que se cumpla el artículo 10.2. "Hipótesis de Diseño", el cual exige que las secciones se mantengan planas según la teoría de la flexión, he ahí la pregunta cómo obtener los refuerzos en estas regiones perturbadas y la respuesta es obvia aplicar el modelo puntal-tensor, realizarlo en forma manual o quizá haciendo uso de hojas calculo en Excel resulta ser tedioso y limitado el diseño, ya que el modelo puntal-tensor es laborioso y requiere una adecuada verificación gráfica.

En la presente investigación se desarrolló un programa para el diseño en concreto armado en las regiones D lo cual ayudara agilizar y optimizar el cálculo de refuerzos, la base o el procedimiento matemático es lo expuesto en el capítulo (23) del ACI 318-19, "Modelo Puntal-Tensor", el lenguaje de programación manejado para la construcción de las estructuras lógicas y la interfaz fue Matlab, se predispuso por este software ya que los códigos y funciones del Matlab son adecuadas para el manejo de matrices.

El programa en su primera versión realiza los (04) pasos principales del modelo puntal-tensor expuesto en el ACI 318-19 comentario R.23.2.1, los cuales son: (1) Define y aísla cada región D, (2) Calcule las fuerzas resultantes en el contorno de la región D, (3) Seleccione el modelo y calcule las fuerzas en los puntales y tensores para transferir las fuerzas resultantes a través de la regio D. (4) Diseñe los puntales, los tensores y zonas nodales.

PALABRAS CLAVES: Puntal -Tensor, Programa de diseño, Regiones D.





ABSTRACT

The prop-tensioner model according to ACI 318-19 will be applied to the structural design of concrete members, or regions of members, where there are discontinuities either of load or geometry, which cause a nonlinear distribution of deformations, also mentions ACI 318 -19 in his commentary highlighting the Saint Venant principle, which points out that the stresses due to axial loads and bending approach a linear distribution at a distance approximately equal to the height of the element, "h", away from the discontinuity. For this reason the discontinuities are assumed to extend at a distance "h" measured from the section where the load or geometry change occurs. In these discontinuity regions or D regions the assumption that flat sections remain flat is not applicable in these regions. According to the Peruvian regulation in the RNE in E.060 for the application of the articles of Chapter 10, "Bending and Axial Load", it is necessary that Article 10.2 is complied with. "Design Hypothesis", which requires that the sections remain flat according to the flexion theory, there is the question how to obtain the reinforcements in these disturbed regions and the answer is obvious to apply the strut-tensioner model, to do it manually Or perhaps making use of spreadsheets in Excel turns out to be tedious and limited in design, since the strut-tensioner model is laborious and requires adequate graphic verification.

In the present investigation, a program for the design of reinforced concrete in the D regions was developed, which will help to speed up and optimize the calculation of reinforcements, the base or the mathematical procedure, as explained in chapter (23) of ACI 318-19, "Puntal-Tensor Model", the programming language used for the construction of the logical structures and the interface was Matlab, was predisposed by this software since the Matlab codes and functions are suitable for handling matrices.

The program in its first version performs the (04) main steps of the strut-tensioner model exposed in ACI 318-19 comment R.23.2.1, which are: (1) Define and isolate each region D, (2) Calculate the resulting forces in the contour of region D, (3) Select the model and calculate the forces in the struts and turnbuckles for the movements the resulting forces through region D. (4) Design the struts, turnbuckles and zones nodal.

KEYWORDS: Tie - Strut, Design Program, Regions D



INTRODUCCION

En el diseño en concreto armado el criterio básico que se maneja es que el concreto solo trabaja adecuadamente a compresión y las barras de acero soportarán los esfuerzos a tracción, entonces nace la necesidad de saber que zonas o partes de una estructura estarán sometidas a campos de compresión y tracción, o la combinación de ambos, esto puede ya ser resuelta por muchos softwares comerciales o de uso limitado. Como ya podemos determinar con gran precisión el flujo interno de esfuerzos, ahora nos preguntamos cuales son los criterios para la colocación de las barras de refuerzo, bueno en este caso depende del tipo de sollicitación, sea Compresión, Flexión, Cortante, Torsión o la combinación de estas. En el caso de una sollicitación a Flexión el refuerzo actúa como una fibra que absorberá la tracción pura, en el caso de una sollicitación de Cortante el refuerzo proporcionado evita el agrietamiento por tracción diagonal o corte por fricción, en el caso de una sollicitación por Torsión el refuerzo proporcionado absorbe los esfuerzos periféricos de la sección. En la mayoría de estas formulaciones y en especial para el diseño en flexión se exige que se cumpla que las secciones planas permanezcan planas (teoría de flexión), esto pasara si se da una distribución lineal de deformaciones.

La concentración de esfuerzos se da por dos motivos principales, una de ellas es porque a una estructura se le somete a una carga puntual, esta distorsión localizada se podrá observar en la vecindad donde se aplica la carga, resaltando las deformaciones no lineales (las secciones planas en un inicio no permanecen planas) y otro motivo es por el cambio brusco de geometría que pueda sufrir una estructura, esto se evidenciara por ejemplo si se tuviera una barra de sección "A1" sometida a una carga "P", la distribución de esfuerzos axiales será uniforme ($\sigma=P/A1$), luego si en una de sus partes del elemento reducimos la sección siendo ahora "A2", la distribución de esfuerzos axiales será ($\sigma=P/A2$), podemos notar que el esfuerzo se incremento, ahora la pregunta viene acá que pasa en la intersección del cambio de sección, es lógico darse cuenta que los esfuerzos que venían uniformes tienden a concentrarse en tal intersección para puedan transmitirse a la sección reducida, ahora esta concentración de esfuerzos obligara que deformaciones tengan un comportamiento no lineal (Las secciones planas en un inicio no permanecen planas). Ahora nos planteamos si en elementos de concreto me encuentro en alguno de estos casos como puedo obtener el refuerzo necesario, ya que visto anteriormente las formulaciones del RNE del capítulo 10 del E.060 exige que se cumpla la linealidad de las deformaciones.



El ACI (Instituto Americano del Concreto) nos propone el modelo puntal-tensor para el diseño adecuado de estas regiones perturbadas (distribución no lineal) provocadas por la concentración de esfuerzos.

El modelo puntal tensor presenta formulaciones prácticas, pero el procedimiento completo suele ser laborioso, lo cual imposibilita diseñar manualmente o haciendo uso de hojas de cálculo en Excel, por lo tanto, entra a tallar la presente investigación proporcionando una herramienta digital para el diseño en concreto armado en regiones perturbadas o regiones de discontinuidad (regiones D).



CAPITULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

En la actualidad existen diversos programas comerciales y muy efectivos, tales como ETABS, SAP2000, ROBOT, etc. Todos estos softwares manejan una gran base matemática avanzada como son los Elementos Finitos y a su vez están programados con interesantes algoritmos que ayudan a solucionar complicados cálculos matemáticos, y manejan una interesante interfaz gráfica para la presentación de imágenes, ventanas y reportes de resultados; Detrás de cada uno de estos programas existen compañías dedicadas al desarrollo de softwares de ingeniería, en el cual participan principalmente doctores en ingeniería de la construcción e ingenieros en programación.



Todos los softwares anteriormente mencionados realizan el análisis estructural en el estado elástico, lineal y no lineal, donde modela cada elemento estructural según el grado de particiones que el usuario desea modelar, como es el caso de una columna rectangular puede ser modelada como un elemento de barra o un elemento plano y también como un elemento prismático. En el caso de elementos de concreto armado el cálculo de refuerzos lo obtiene con las formulas comúnmente presentadas en los códigos de diseño, siendo estas mismas la limitante para la obtención más precisa de refuerzos en situaciones especiales de diseño, como es el caso de un elemento que soporta una carga puntual significativa en una zona fuera del nudo o el cambio de brusco de sección que sufre estos elementos, en ambos casos se generan concentraciones de esfuerzos y las secciones dejan de ser planas que hacen que tales zonas localizadas migren al estado no lineal y teniendo en consideración que el análisis de toda la estructura se realiza en el rango elástico y lineal; En adelante estas zonas perturbadas se denominaran región D (Región de discontinuidad, sea geométrica o de carga).

Como sabemos existen consideraciones fundamentales según RNE - E.060 – Capitulo 10 el cual norma para el diseño en concreto armado como es el caso para elementos a Flexión y Carga axial que debe cumplirse que las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro, esto se cumplirá si las secciones del elemento permanecen planas antes y después de ser sometidos a flexión y a carga axial. Ahora según lo mencionado anteriormente en las regiones perturbadas no se cumplen estas condiciones fundamentales de diseño.

Ahora nos planteamos el siguiente cuestionamiento como diseñar estas regiones si no cumplen con estas hipótesis fundamentales de diseño, lo cual significa que ninguna formulación de este capítulo será aplicable para el cálculo de refuerzos, y si se aplica se obtendrá de forma inexacta las cuantías requeridas. Para solucionar esta situación de diseño el American Concrete Institute en su norma el ACI 318-19 en el capítulo 23, plantea una alternativa de diseño que es el Modelo Puntal Tensor, el cual muestra los siguientes cuatro pasos: 1) Definir y Aislar cada región D, 2) Calcular las fuerzas resultantes en las fronteras, 3) Seleccionar un modelo y determinar la fuerzas



en cada puntal y tensor, 4) Diseñar puntales, tensores y zonas nodales; Este procedimiento es una interesante herramienta pero la gran cantidad de cálculos que se debe realizar y la verificación gráfica que se debe hacer lo hacen algo tedioso para su manejo manual, entonces es necesario desarrollar un programa que ayude a realizar cada uno de los pasos anteriormente mencionados y a su vez se presente en una adecuada interfaz gráfica.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿En qué medida el desarrollo de un Programa para el Diseño en Concreto Armado en Regiones D agilizará y optimizará los cálculos en estas zonas bidimensionales Perturbadas?

1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

La presente investigación tiene sus bases en la necesidad de solucionar el cálculo exhaustivo que se requiere para el diseño en concreto armado en una zona perturbada, como sabemos en tales regiones no son aplicables las formulaciones comúnmente usadas, ya que en estas regiones transgrede las hipótesis principales de diseño a flexión y carga axial.

El diseño estructural en la actualidad exige seguridad y economía, el primero de estos se logrará con un modelo adecuado de diseño en regiones D (modelo puntal-tensor), finalmente el optimizar dimensiones y cuantías de los elementos (desarrollo de un programa) a diseñar nos evitará sobrecostos.

1.4. ALCANCES DE LA INVESTIGACION

En esta primera versión el programa desarrollara el procedimiento del modelo puntal tensor, los cuales son:

- Graficar la Región de Discontinuidad (Región D).
- Graficar la geometría del Modelo Puntal Tensor.



- Calcular las fuerzas en cada Puntal y Tensor.
- Diseñar los Puntales, Tensores y Zonas Nodales.

Finalmente cabe señalar por ser la primera versión del programa, los cálculos se desarrollan en dos dimensiones y con presentación básica de resultados, todo esto será mejorado y superado en las próximas versiones del programa.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

1.5.1. LIMITACION EN TIEMPO

Como investigador estimo que el desarrollo del proyecto tomara 03 meses, siendo este tiempo la limitante.

1.5.2. LIMITACION ECONOMICAS

El presente trabajo por su naturaleza (labor de gabinete) no requiere grandes costos, por lo cual el investigador está financiando el proyecto.



CAPITULO II:

OBJETIVOS E HIPOTESIS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollo de un Programa para el Diseño en concreto Armado en Zonas Bidimensionales Perturbadas (Regiones D)

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1. Definir la geometría de la Región D por medio del ingreso de coordenadas en la interfaz gráfica.
- 2.2.2. Definir la geometría del Modelo Puntal Tensor por medio del ingreso de coordenadas en la interfaz gráfica.
- 2.2.3. Calcular fuerzas en cada puntal y tensor por medio de la interfaz gráfica.
- 2.2.4. Diseñar Puntales, Tensores y Zonas nodales por medio de la interfaz gráfica.



2.3. HIPOTESIS GENERAL

El desarrollo de un programa para el diseño en concreto armado en regiones D agilizará y optimizará el cálculo de refuerzos en estas zonas bidimensionales perturbadas.

2.4. VARIABLES

Tabla 01: Variable Independiente y Dependiente (Fuente Propia)

| VARIABLES | DEFINICION CONCEPTUAL | INDICADOR | MEDICION |
|---|---|--|--|
| VARIABLE INDEPENDIENTE “Diseño Automatizado en Concreto Armado para Regiones D” | El programa es un conjunto de algoritmos codificados en un lenguaje de programación que nos ayudara a solucionar el procedimiento matemático necesario para el diseño en concreto armado en regiones de Discontinuidad. | <ul style="list-style-type: none"> - Geometría de la región D. - Análisis de las cerchas del modelo puntal tensor. - Diseño de zonas nodales. - Diseño de puntales - Diseño de tensores | <ul style="list-style-type: none"> cm, mm kg, N cm, mm cm, mm cm², % |
| VARIABLE DEPENDIENTE “Agilización y Optimización del cálculo de | Los cálculos de refuerzos en las zonas perturbadas y gráficos de resultados son procedimientos largos y | <ul style="list-style-type: none"> - Fuerzas internas en la cercha. | <ul style="list-style-type: none"> Kg, N |



| | | | |
|---|--|--|-----------------------------------|
| refuerzos en zonas bidimensionales perturbas" | tediosos, es necesario realizar el cálculo de manera rápida y eficiente. | - Dimensiones mínimas de puntales y nodos. - Cuantía en tensores y acero mínimo | cm, mm cm ² , % |
|---|--|--|-----------------------------------|



CAPITULO III:

MARCO REFERENCIAL

3.1. ANTECEDENTES

Luego de una exhaustiva revisión de textos, investigaciones y normativas, se pudo localizar algunos estudios casi relacionados:

- **American Concrete Institute (ACI318S-14)**, En su reglamento titulado "Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural" en su capítulo 23 muestra el comentario al alcance del modelo puntal tensor, el cual menciona; Una discontinuidad en la distribución de esfuerzos se produce en un cambio de geometría de un elemento estructural o en una carga o reacción concentrada. El principio de Saint Venant señala que los esfuerzos debidos a cargas axiales y flexión se acercan a una distribución lineal a una distancia aproximadamente igual a la altura total del elemento, "h", lejos de la discontinuidad. Por esta razón se supone que las discontinuidades se extienden a una distancia "h" medida desde la sección donde se produce la carga o el cambio de geometría.

La suposición que las secciones planas permanecen planas no es aplicable en estas regiones. En general, cualquier parte de un miembro localizada por fuera de una región D se denomina una región B donde la suposición de secciones planas



permaneciendo planas de la teoría de la flexión puede ser aplicada. El método de diseño puntal tensor, como se describe en este capítulo, se basa en la suposición que las regiones D pueden analizarse y diseñarse utilizando una cercha hipotética con uniones articuladas compuesta por puntales y tensores conectados en los nodos.

- **José Fuentes (2009)**. En su tesis titulado “Modelo Puntal Tensor para Determinar la Resistencia al Corte de Muros de Albañilería Armada Construidos con Bloques de Hormigón” para optar al título de ingeniero civil de la Universidad de Chile, menciona que en el presente trabajo de titulación se estudia la posibilidad de aplicar un modelo puntal tensor propuesto para determinar la resistencia al corte de muros cortos de hormigón armado a muros de albañilería armada construidos con bloques huecos de hormigón con relleno parcial de huecos y cuantía reducida de armadura con las mismas características geométricas. Para ello se utilizan como antecedente los resultados de los ensayos realizados en el proyecto FDI desarrollado por el Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón (ICH) en los laboratorios del IDIEM y del DICTUC en el año 2002.

La posibilidad de usar este modelo permitirá contar con un modelo teórico para obtener la resistencia al corte de los muros de albañilería armada sin aberturas. Lo cual representa un importante avance en el diseño al corte de este tipo de muros, considerando que las recomendaciones de diseño de las normas provienen de expresiones empíricas, las cuales poseen limitaciones propias de las características de las probetas ensayadas.

Además, la determinación de la resistencia al corte de muros de albañilería armada es fundamental para el diseño sísmico de este tipo de elementos de albañilería, tanto cuando la falla de corte controla el diseño como cuando se desea que esta falla no controle, es por esto que es necesario tener un modelo teórico que permita determinar esta resistencia como lo hace, por ejemplo, el modelo puntal-tensor propuesto por Hwang et al. (2001) para “muros cortos o muros poco esbeltos” de hormigón armado. Con este propósito, en este trabajo de título se estudia la posibilidad de aplicar el modelo de Hwang et al. (2001) a los muros cortos de albañilería armada, confrontando los resultados que se obtengan al aplicar el modelo



“modificado” con los resultados de ensayos realizados en Chile en muros construidos con unidades del tipo bloque hueco de hormigón con cuantías reducidas de armadura horizontal y vertical sometidos a cargas cíclicas horizontales aplicadas de manera cuasi estática en presencia o ausencia de carga axial de compresión.

En pocas palabras, el modelo de Hwang et al. (2001) está basado en la superposición de tres modelos simplificados del tipo puntal-tensor llamados “mecanismos”, cuya contribución a la transmisión de la carga se establece en proporción a la rigidez en cada uno de los tres “mecanismos”. El mecanismo “Diagonal” representa el puntal de compresión diagonal que pueda desarrollarse en el muro, y los mecanismos “Horizontal y Vertical” representan a las fuerzas transmitidas por las armaduras horizontales y verticales existentes

➤ **Jhonatan Limón (2018)**. En su tesis titulado “Optimización de Elementos sometidos a Flexión y Cortante Bajo la analogía Puntal Tensor Usando Algoritmo Genéticos” para optar por el grado de maestro en ingeniería civil con opción en estructuras de la Universidad Autónoma de Aguas Calientes - México, menciona que el modelo puntal-tensor es un método racional para el diseño de discontinuidades geométricas y/o de carga, basada en el teorema del menor límite de la plasticidad, que consiste en la idealización de los campos de esfuerzos internos mediante un retículo hipotético para de esta manera representar los campos a compresión con puntales y los campos a tracción con tensores, los cuales se encuentran conectados por nodos. Lamentablemente la ejecución de este método crea una cierta sensación de deficiencia en los diseñadores, ya que, esperando un resultado directo, descubren un gran rango de posibilidades que no conducen a una solución única.

Recientemente la optimización estructural ha hecho uso de los métodos evolutivos debido a que permiten abordar problemas complejos, es decir con múltiples variables, escenarios, objetivos y criterios para determinar soluciones óptimas. Un ejemplo de estos métodos son los algoritmos genéticos, las cuales son procesos estocásticos que generan una población inicial de individuos para después aplicar principios de selección natural basado en la supervivencia del más apto y así mejorar los diseños en base a restricciones dadas.



Esta investigación expone las ventajas que representa emplear este tipo de algoritmos en el diseño de elementos de concreto reforzado usando la analogía puntal tensor. Además, se indican distintos puntos tanto para el proceso de la elección del modelo, como para el desarrollo del mismo que generan la obtención de mejores resultados.

3.2. MARCO TEORICO

3.2.1. PROPIEDAD MECANICA DE LOS MATERIALES

(Donald R. Askeland 2004) Hay distintas clases de fuerzas o esfuerzos que se presentan al tratar las propiedades mecánicas de los materiales. En general, defines el esfuerzo como una fuerza que actúa sobre el área unitaria en la que se aplica. En la figura 6-3(a) se ilustran los esfuerzos de tensión, compresión, corte y flexión. La deformación unitaria se define como el cambio de dimensión por unidad de longitud. El esfuerzo se suele expresar en Pa (pascuales) o en psi (Libras por pulgadas cuadradas). La deformación unitaria no tiene dimensiones y con frecuencia se expresa en pulg/pulg o en cm/cm.

Al describir el esfuerzo y a la deformación unitaria, es útil imaginar que el esfuerzo es la causa y la deformación unitaria es el efecto. Normalmente, los esfuerzos de tensión y de corte se representan con los símbolos σ y τ , respectivamente. Las deformaciones de tensión y de corte se representan con los símbolos ε y γ , respectivamente. En muchas aplicaciones sujetas a cargas dinámicas, intervienen esfuerzos de tensión o de compresión. Los esfuerzos cortantes o de cizallamiento, se suelen encontrar en el procesamiento de materiales en técnicas como la extrusión de polímeros. También se encuentran en aplicaciones estructurales. Obsérvese que aun un esfuerzo tensil simple, aplicado en una dirección, causa un esfuerzo cortante en componentes con otras direcciones (parecido al caso descrito en la ley de Schimid)

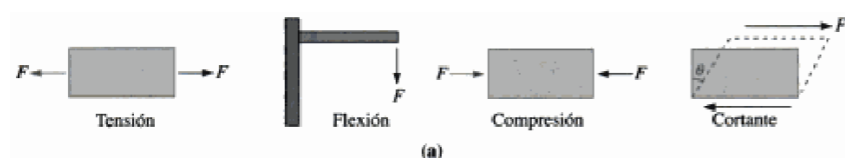


Fig 01. Tipo de solicitaciones externas



La deformación (unitaria) elástica se define como una deformación restaurable debido a un esfuerzo aplicado. La deformación es elástica si se desarrolla en forma instantánea; es decir, se presenta tan pronto como se aplica la fuerza, permanece mientras se aplica el esfuerzo y desaparece tan pronto como se retira la fuerza. Un material sujeto a una deformación elástica no muestra deformación permanente; es decir, regresa a su forma original cuando se retira la fuerza o el esfuerzo. Imagine que un resorte metálico rígido se estira una cantidad pequeña y entonces se suelta. Si regresa con rapidez a sus dimensiones originales, la deformación que se produjo en el resorte era elástica.

En muchos materiales, el esfuerzo y deformación elásticos siguen una ley lineal. La pendiente en la porción lineal de la curva esfuerzo contra deformación unitaria a tensión define al módulo de Young o módulo de elasticidad (E) de un material. Las unidades de E se miden en pascales (Pa) o en libras por pulgada cuadrada (psi), las mismas que las del esfuerzo. En los elastómeros se observa deformaciones elásticas grandes, como en el hule natural o las siliconas, donde la relación entre esfuerzo y deformación elásticos no es lineal. En ellos, la enorme deformación elástica se explica por el enredado y desenredado de moléculas semejantes a resortes. Al manejar esos materiales, se usa la pendiente de la tangente en cualquier valor determinado del esfuerzo o de la deformación, y se le considera como una cantidad variable que reemplaza al módulo de Young. El inverso del módulo de Young se llama flexibilidad (o capacidad elástica de deformación) del material. De forma parecida, se define al módulo de elasticidad cortante (G) como la pendiente de la parte lineal de la curva de esfuerzo cortante contra deformación cortante.

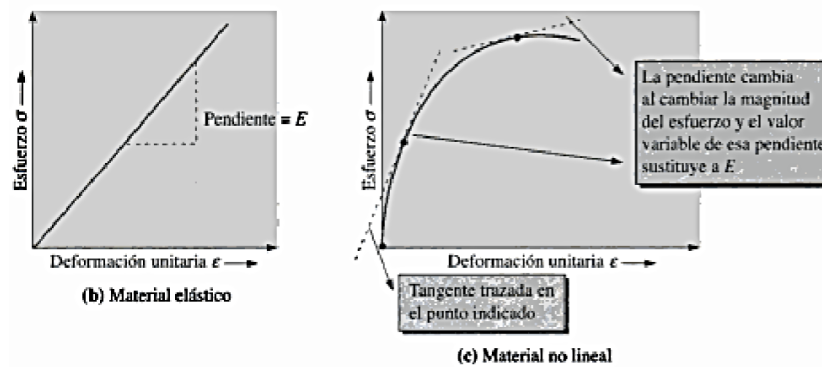


Figura 5-3 (a) Esfuerzos de tensión, compresión, cortante y flexión. (b) Definición del módulo de Young para un material elástico. (c) Para materiales no lineales se usa la pendiente de una tangente como variable que reemplaza el módulo de Young, que es constante.

Fig 02. Curva lineal y no lineal.

La deformación permanente en un material se llama deformación plástica. En este caso, cuando se quita el esfuerzo, el material no regresa a su forma original. ¡La abolladura en un auto es una deformación plástica! Observe que aquí la palabra plástica no indica deformación en un material plástico o polímero, sino más bien una clase de deformación en cualquier material.

3.2.2. DIAGRAMA ESFUERZO DEFORMACION UNITARIA

(R.C. Hibbeler 1997) A partir de los datos de un ensayo de tensión o de compresión, es posible calcular varios valores del esfuerzo y la correspondiente deformación unitaria en el espécimen y luego graficar los resultados. La curva resultante se llama diagrama esfuerzo-deformación unitaria y hay dos maneras de describirlo.

Diagrama Convencional esfuerzo – deformación unitaria. Usando los datos registrados, podemos determinar el esfuerzo nominal o de ingeniería dividiendo la carga P aplicada entre el área A_0 de la sección transversal original del espécimen. Este cálculo supone que el esfuerzo es constante en la sección transversal y en toda la región entre los puntos calibrados. Tenemos:

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$



De la misma manera, la deformación nominal o de ingeniería se determina directamente leyendo el calibrador o dividiendo el cambio en la longitud calibrada δ , entre la longitud calibrada original del espécimen L_o . Aquí se supone que la deformación unitaria es constante en la región entre los puntos calibrados. Entonces:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L_o}$$

Si se grafican los valores correspondientes de σ y ε , con los esfuerzos como ordenadas y las deformaciones unitarias como abscisas, la curva resultante se llama diagrama convencional de esfuerzo-deformación unitaria. Este diagrama es muy importante en la ingeniería ya que proporciona los medios para obtener datos sobre la resistencia a tensión (o a compresión) de un material sin considerar el tamaño o forma geométrica de la materia. Sin embargo, debe ser claro que nunca serán iguales dos diagramas esfuerzo-deformación unitaria para un material particular, ya que los resultados dependen entre otras variables de la composición del material, de imperfecciones microscópicas, de la manera en que este fabricado, de la velocidad de carga y de la temperatura durante la prueba.

Veremos ahora las características de la curva convencional esfuerzo-deformación unitaria del acero, material comúnmente usado para la fabricación de miembros estructurales y elementos mecánicos. En la figura 3-4 se muestra el diagrama característico esfuerzo-deformación unitaria de una probeta de acero, usando el método antes descrito. En esta curva podemos identificar cuatro maneras diferentes en que el material se comporta, dependiendo de la cantidad de deformación unitaria inducida en el material.

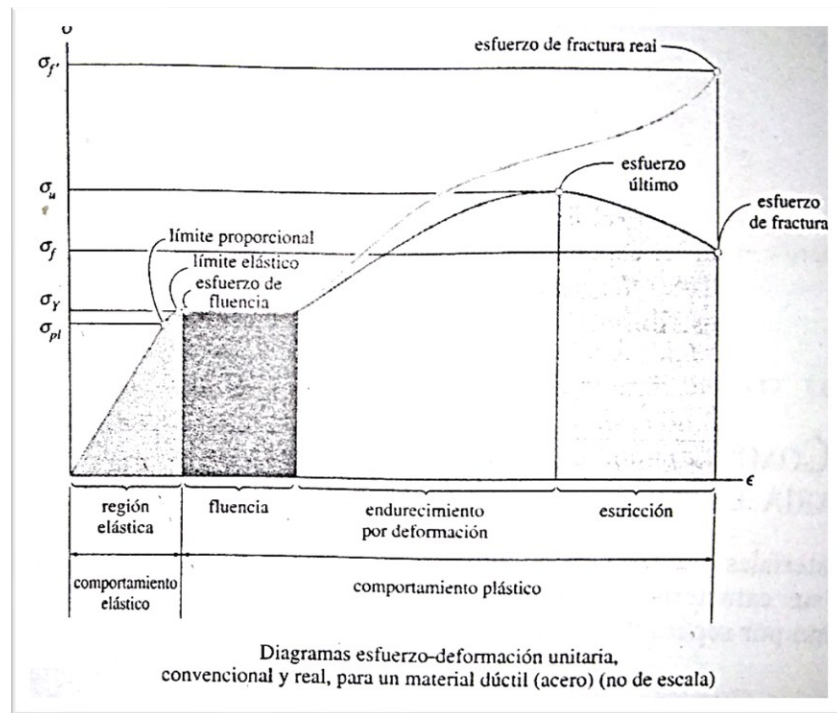


Fig. 03. Diagrama esfuerzo deformación

- Comportamiento Elástico:** Se dice que la muestra responde elásticamente si retorna a su longitud o forma originales cuando se retira la carga que actúa sobre ella. Este comportamiento elástico ocurre cuando las deformaciones unitarias en el modelo están dentro de la región ligeramente sombreada que se muestra en la figura anterior. Puede verse que la curva es en realidad una *línea recta* a través de toda esta región, así que el esfuerzo es proporcional a la deformación unitaria. En otras palabras, se dice que el material es *linealmente elástico*. El límite superior del esfuerzo en esta relación lineal se llama límite proporcional, σ_{pl} . Si el esfuerzo excede un poco el límite proporcional, el material puede todavía responder elásticamente; sin embargo, la curva tiende aplanarse causando un incremento mayor de la deformación unitaria con el correspondiente incremento del esfuerzo. Esto continúa hasta que el esfuerzo llega al límite elástico. Para determinar este punto en cualquier espécimen, debemos aplicar, y luego retirar, una carga creciente hasta que se detecte una deformación permanente en el mismo. Sin embargo, en el acero rara vez se determina el límite elástico, puesto que está muy cerca del límite proporcional y, por lo tanto, su detección es bastante difícil.



- **Fluencia:** Un ligero aumento en el esfuerzo más allá del límite elástico provocara un colapso del material y causara que se deforme permanentemente. Este comportamiento se llama fluencia, y está indicado por la región más oscura de la curva de la figura. El esfuerzo que origina la fluencia se llama *esfuerzo de fluencia o punto de fluencia*, σ_Y , y la deformación que ocurre se llama *deformación plástica*. Al contrario de la carga elástica, una carga que ocasione la fluencia del material cambiara permanentemente las propiedades de los mismo. Aunque no se muestra en la figura, en los aceros con bajo contenido de carbono o en aquellos que sean laminados o rolados en caliente, se distinguen dos valores para el punto de fluencia. El *punto superior de fluencia* ocurre primero seguido por una disminución súbita en la capacidad de soportar carga hasta un *punto inferior de fluencia*. Sin embargo, una vez que se ha alcanzado el punto inferior de fluencia, como se muestra en la figura, entonces la muestra continuara alargándose sin ningún incremento de carga. Observe que la figura no esa trazada a escala. Si lo estuviera, las deformaciones unitarias inducidas debido a la fluencia serian de 10 a 40 veces más grandes que las producidas en el límite de elasticidad. Cuando el material esta en este estado, suele decirse que es *perfectamente plástico*.
- **Endurecimiento por Deformación:** Cuando la fluencia ha terminado, puede aplicarse más carga a la probeta, resultando una curva que se eleva continuamente pero se va aplanando hasta llegar a un esfuerzo máximo, llamado esfuerzo último, σ_u . La elevación en la curva de esta manera se llama endurecimiento por deformación, y se identifica en la figura como la región ligeramente sombreada. A lo largo de la prueba, y mientras el espécimen se está alargando, el área de su sección transversal disminuirá. Esta disminución de área es bastante uniforme en toda la longitud calibrada del espécimen, incluso hasta la deformación unitaria que corresponde al esfuerzo último.
- **Formación del Cuello o Estricción:** En el esfuerzo ultimo el área de la sección transversal comienza a disminuir en una zona localizada de la probeta,



en lugar de hacerlo en toda su longitud. Este fenómeno es causado por planos de deslizamiento que se forman dentro del material y las deformaciones producidas son causadas por esfuerzos cortantes. Como resultado, tiende a desarrollarse una estricción o cuello en esta zona a medida que el espécimen se alarga cada vez más. Puesto que el área de la sección transversal en esta zona está decreciendo continuamente, el área más pequeña puede soportar solo carga siempre decreciente. De aquí la curva esfuerzo deformación tiende a curvarse hacia abajo hasta que la probeta se rompe en el punto del esfuerzo de fractura, σ_f .

Diagrama Real Esfuerzo-Deformación Unitaria. En lugar de usar siempre el área de la sección transversal y la longitud originales de la muestra para calcular el esfuerzo y la deformación unitaria (de ingeniería), podríamos haber usado el área de la sección transversal y la longitud reales del espécimen en el instante en que la carga se está midiendo. Los valores del esfuerzo y de la deformación unitaria calculados a partir de estas mediciones se llaman esfuerzo real y deformación unitaria real, y un trazo de sus valores se llama diagrama real esfuerzo-deformación unitaria. Cuando se traza este diagrama, vemos que tiene la forma mostrada por la línea que forma la curva en la figura. Advierta que ambos diagramas (el convencional y el real) prácticamente coinciden cuando la deformación unitaria es pequeña. Las diferencias entre los diagramas comienzan a aparecer en la zona de endurecimiento por deformación, donde la magnitud de la deformación unitaria es más significativa. En particular, note la gran divergencia dentro la zona de formación del cuello. Aquí podemos ver que, según el diagrama σ - ϵ convencional, la probeta de ensayo en realidad soporta una carga decreciente, puesto que A_0 es constante cuando se calcula el esfuerzo nominal, $\sigma = \frac{P}{A_0}$. Sin embargo, según el diagrama σ - ϵ real, el área real A dentro de la región de formación del cuello esta siempre decreciendo hasta que ocurre la falla, σ_f , y así el material realmente soporta un esfuerzo creciente, puesto que $\sigma = \frac{P}{A}$. Aunque los diagramas esfuerzo-deformación real y convencional son diferentes, la mayor parte del diseño en ingeniería se lleva a cabo dentro de la



zona elástica, ya que la distorsión del material en general no es severa dentro de este intervalo.

3.2.3. PRINCIPIO DE SAINT-VENANT Y CONCENTRACIONES DE ESFUERZOS

(Egor P. Popov 2000) El análisis de barras cargadas axialmente en la mecánica de sólidos es muy exacto para las barras de sección transversal constante, cuando estas transmiten fuerzas de extremo distribuidas uniformemente. Para dichas condiciones ideales, los esfuerzos y las deformaciones unitarias son uniformes en todas las partes. Sin embargo, las fuerzas aplicadas en realidad suelen aproximar fuerzas concentradas y las secciones transversales de los miembros pueden cambiar abruptamente. Esto ocasiona perturbaciones en los esfuerzos y en las deformaciones unitarias en la proximidad de tales fuerzas y en los cambios de sección transversal. En el pasado esas situaciones se estudiaron analíticamente usando la teoría matemática de la elasticidad. Según ese enfoque, se formula el comportamiento de elementos infinitesimales bi y tridimensionales y las condiciones de equilibrio, deformación y propiedades mecánicas del material se satisfacen sujetas a las condiciones de frontera prescritas. Recientemente se ha desarrollado un poderoso procedimiento numérico en el que un cuerpo se subdivide en un número discreto de elementos finitos, como cuadrados o cubos, y el análisis se lleva a cabo con una computadora. Este es el análisis por el método de elementos finitos. El resultado final del análisis por cualquiera de esos dos métodos puede usarse en forma muy eficaz para complementar las soluciones en la ingeniería de la mecánica de sólidos. Veremos a continuación un ejemplo que muestra soluciones más exactas, obtenidas con esos dos métodos avanzados, sobre la naturaleza de la distribución de los esfuerzos bajo cargas concentradas. Dichas soluciones permiten compararlas con las encontradas al aplicar el método de la mecánica de sólidos.

En la figura 3-9(a) se muestra un bloque corto sobre el que actúan fuerzas concentradas en sus extremos. Al analizar los esfuerzos en este bloque como problema bidimensional empleando los métodos de la teoría de la elasticidad,



se obtiene los resultados que se muestran en las figuras 3.9(b), (c) y(d). El esfuerzo promedio σ_{prom} dado por la ecuación 1-6 también se muestra en esas figuras. Puede verse que en una sección a una distancia $b/4$ desde el extremo, figura 3-9(b), el esfuerzo normal máximo excede considerablemente al esfuerzo promedio. Para un material elástico, el esfuerzo máximo se vuelve teóricamente infinito bajo la carga concentrada, ya que una fuerza finita actúa sobre un área cero. Sin embargo, en situaciones reales, no es posible la existencia de una fuerza verdaderamente concentrada y virtualmente todos los materiales exhiben algún comportamiento plástico; por tanto, no es posible que se dé un esfuerzo infinito.

Es importante notar dos aspectos básicos de esta solución: El esfuerzo promedio para todos los casos, al estar basado en condiciones de equilibrio, es siempre correcto y los esfuerzos normales a una distancia igual al ancho del miembro son esencialmente uniformes.

Esta última observación ilustra el famoso principio de *Saint-Venant*, que fue enunciado por el gran investigador francés de la teoría de la elasticidad en 1855. En términos comunes de ingeniería, este principio simplemente significa que es importante para los esfuerzos la manera de aplicar las fuerzas solo en la vecindad de la región en que se aplican. Esto también es válido para perturbaciones causadas por los cambios de sección transversal. Consciente o inconscientemente, este principio es casi siempre aplicado en sistemas idealizados que soportan cargas.

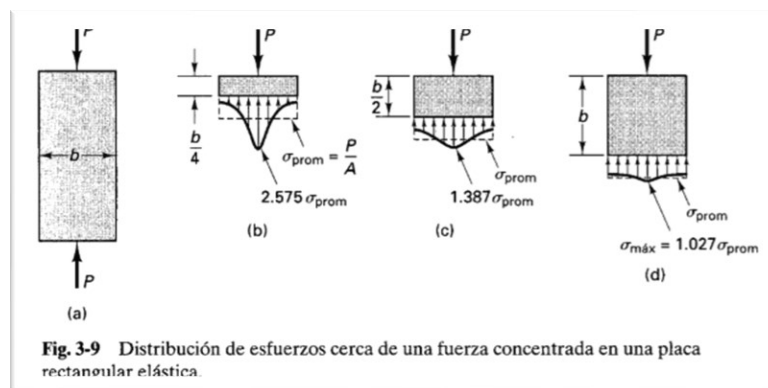


Fig. 04. Concentración de esfuerzo en proximidades de carga puntual



En la figura 3-10 se muestran los resultados de una solución para el mismo problema aplicando el método de elemento finito. La red inicialmente no deformada sumamente exagerada causada por la fuerza aplicada, se muestran en la figura 3-10(a). Colocando la red sobre rodillos como se indica, solo la mitad superior del bloque tiene que ser analizado debido a la simetría respecto a la sección media. Las líneas de contorno para los esfuerzos calculados que se muestran en la figura 3-10(b), indican claramente el desarrollo de grandes esfuerzos en la vecindad de la fuerza concentrada. A diferencia de lo que ocurre con la solución basada en la elasticidad matemática, los esfuerzos en el modelo del elemento finito bajo la carga aplicada son muy grandes, pero finitos, debido al tamaño finito de la red. Como es de esperarse, las esquinas no tienen esfuerzos. La distribución la distribución del esfuerzo en $b/4$ y $b/2$ bajo la parte superior del bloque, mostrada en la figura 3-10(c), concuerda razonablemente bien con los resultados más exactos dados en las figuras 3-9(b) y (c). Puede lograrse una mayor exactitud con una red más fina. Sin embargo, por más fina que se escoja la red, el procedimiento del elemento finito no puede proporcionar u a solución en un punto de carga. En la figura 3-10(b) este se identifica por un elemento cuadrículado. Lo mismo es cierto en la teoría matemática clásica de la elasticidad y hay que recurrir entonces a los procedimientos de la mecánica de fractura para obtener información sobre tales problemas.

El versátil método del elemento finito puede aplicarse a cuerpos de cualquier forma y para cualquier distribución de carga. Su uso en problemas de análisis exactos de esfuerzos es cada vez más amplio. Sin embargo, debido a la simplicidad de los procedimientos vistos en este texto, por lo menos para diseño preliminares, este método sigue siendo indispensable.

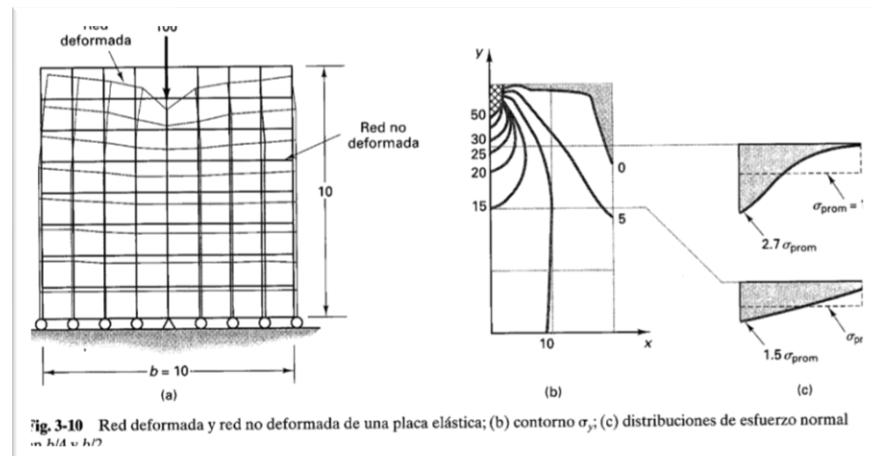


Fig 05. Elementos finitos y a la concentración de esfuerzos

El ejemplo anterior es un caso extremo ya que teóricamente parecen ser posibles los esfuerzos infinitos bajo cargas concentradas. Sin embargo, hay numerosas situaciones como en agujeros para tornillos o cambios en sección transversal, donde los esfuerzos normales máximos son finitos. Esos esfuerzos, en relación con el esfuerzo promedio dado por la ecuación 1-6 para los materiales elásticos lineales, depende solo de las proporciones geométricas de un miembro. La razón del esfuerzo máximo al promedio se llama factor de concentración de esfuerzos y se designa en este texto la letra K . Se dispone de muchos de estos factores en la literatura técnica dados en función de los parámetros geométricos de los miembros.

$$\sigma_{max} = K\sigma_{prom} = K\frac{P}{A}$$

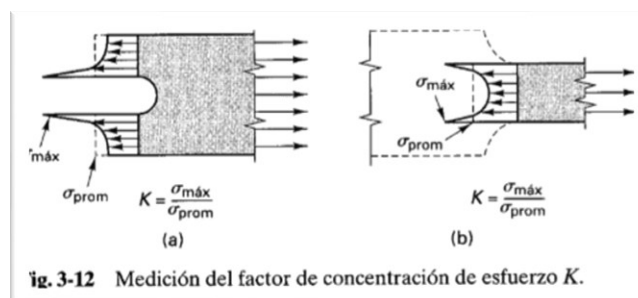


Fig. 06. Concentración de esfuerzos por cambio de sección



3.2.4. SOLUCION MATRICIAL DE ARAMADURAS PLANAS

(Roberto Aguiar F. 2004) En el capítulo (11) de su texto expone un procedimiento matricial basado en el Método de los Desplazamientos o Método de las Rigideces, siendo más específicos en el artículo 11.2.3. “Procedimiento de Solución”, el cual dice así:

Procedimiento de Solución

La forma como se resuelve una estructura cinemáticamente determinada por el método de los desplazamientos ya se lo ha estudiado en los capítulos anteriores, faltando únicamente indicar cuál es el procedimiento para resolver un problema completamente. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Seleccionar un sistema **Q-q** completo, sin considerar menos grados de libertad y un sistema **P-p** que sean apropiados.

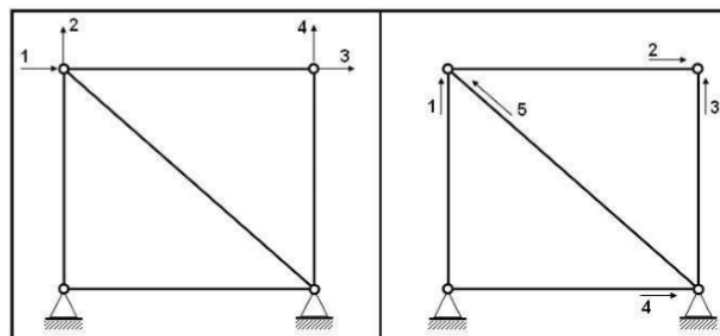


Figura 11.15 Sistema $Q - q$

Figura 11.16 Sistema $P - p$

Fig. 07. Coordenadas globales y locales para una armadura

Donde:

“**Q-q**”: Coordenadas generalizadas o globales.

“**P-p**”: Coordenadas de los elementos o locales.

2. Determinar la matriz **A** tal que $\mathbf{p}=\mathbf{Aq}$

3. Calcular la matriz de rigidez de la estructura

$$K = \sum A^{(t)t} K^{(t)} A^{(t)}$$

4. Obtener el vector de cargas generalizadas **Q**



5. Resolver el sistema de ecuaciones $\mathbf{Q}=\mathbf{Kq}$ y encontrar el vector que contiene a los desplazamientos y giros \mathbf{q} .
6. Utilizando la matriz \mathbf{A} determinada en el paso 2 y el vector \mathbf{q} encontrado en el paso anterior calcular las deformaciones para cada uno de los elementos \mathbf{p} para lo cual se multiplica la matriz de compatibilidad de deformaciones por el vector de coordenadas generalizadas: $\mathbf{P}=\mathbf{Aq}$.
7. Calcular las cargas internas en los elementos \mathbf{P} utilizando la relación: $\mathbf{P}=\mathbf{kp}$. Donde \mathbf{k} es la matriz de rigidez del elemento. Hasta aquí se ha resuelto el problema completamente.
8. Para obtener las fuerzas y momentos finales de la estructura, a los valores obtenidos en el paso anterior se debe sumar los correspondientes al problema primario. Por lo tanto, la solución total es igual a la Solución del Problema Primario más la solución del Problema Complementario.

"En el caso de armaduras planas por no tener cargas sobre las barras los resultados finales serán los obtenidos en la solución del problema complementario"

3.2.5. TEORIA DE FLEXION PURA

(F.R. Shanley 1967). El modelo conceptual que analizaremos, es inicialmente rector con sección transversal constante. El material es isotrópico y homogéneo. La sección transversal es simétrica con respecto a una línea central que está contenida en el plano de flexión (eso es, el plano de simetría es normal al vector momento). En la Fig. 7.4 se usa un estado negativo de flexión a fin de obtener esfuerzos positivos (de tensión), en el cuadrante positivo de la sección transversal.

Se comienza el análisis por flexión, combando la viga con una curvatura conocida ($1/R$). El eje, originalmente recto, se convierte entonces en un arco de radio R (ver Fig.7.4b).



La curvatura de una línea (que cae en el plano) está definida como:

$$\frac{1}{R} \equiv \frac{d\phi}{ds} \quad (7.1)$$

Donde:

R= radio de curvatura

1/R=curvatura, *un vector normal al plano donde se encuentra la línea curva.

dφ=cambio infinitesimal del ángulo de la tangente sobre la longitud.

ds=longitud infinitesimal a lo largo de la línea curva.

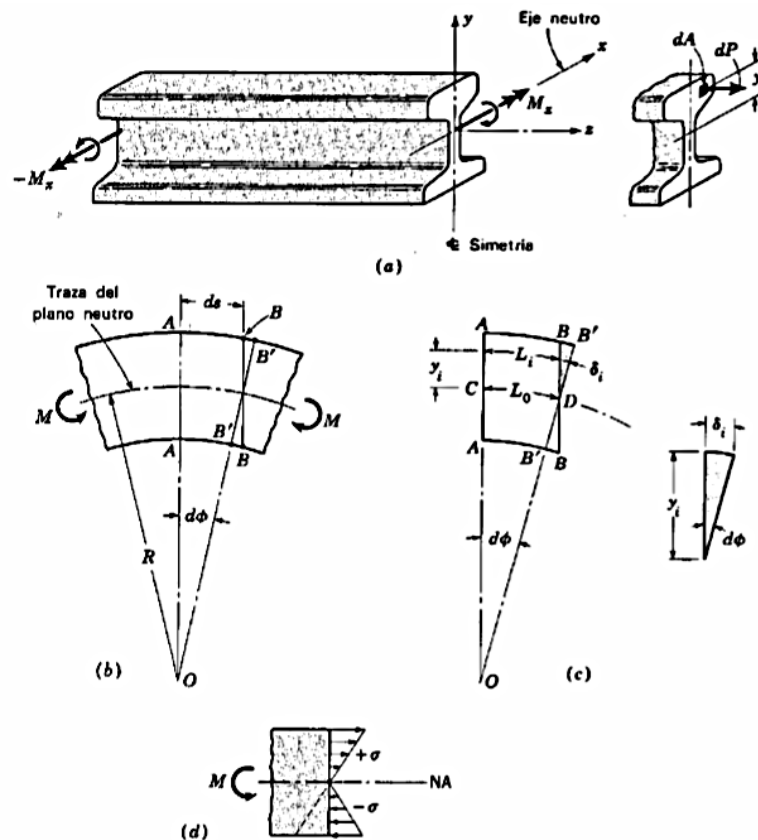


Fig. 7.4. Flexión pura de una viga recta (sección transversal simétrica).

Fig. 08. Flexión Pura

Para reducir el número de símbolos de derivadas, sustuiremos ds por una pequeña longitud finita L_0 , que representa la distancia entre dos planos paralelos que pasan a través de la viga, inicialmente recta. Estos planos son normales al eje z.

Ahora aplicamos el postulado básico:

“Las secciones transversales inicialmente planas, permanecen planas”.



(Nota: Compare con el postulado usado para carga axial pura, Sec. 1.10, en el que no solamente los planos permanecen planos sino también paralelos).

En la Fig. 7.4c, este postulado nos permite dibujar la línea B'B' como una línea recta. Se ha girado con un ángulo $d\phi$, (con respecto a la posición original BB) alrededor de algún eje que cae en la sección transversal. Este eje se llama eje neutro EN (eje de deformación cero). Su localización todavía no está determinada. El plano x-z que contiene los ejes neutros de secciones transversales adyacente se llama plano neutro. Es el plano de deformación cero.

Como se ilustra en la Fig. 7.4c, una “fibra” de longitud original L_i sufre un cambio en su longitud. El aumento en la longitud δ_i de una fibra situada a una distancia y_i del eje neutro se puede hallar sustituyendo en la ecuación los valores de $d\phi$ para el pequeño triángulo sombreado, y el triángulo grande COD:

$$d\phi = \frac{\delta_i}{y_i} = \frac{L_0}{R} \quad (a)$$

$$\delta_i = \frac{y_i L_0}{R} \quad (b)$$

La deformación normal de la fibra en y_i , se define como δ_i/L_i . Si damos la Ec. (b) entre L_i , nos da:

$$\epsilon_i = \frac{y_i}{R} \left(\frac{L_0}{L_i} \right) \quad (c)$$

Para una viga inicialmente recta, todas las fibras L_i tienen la misma longitud original L_0 , L_0/L_i es la unidad. Por consiguiente, eliminando índices, obtenemos la importante ecuación siguiente para la deformación normal (ingenieril) para flexión pura:

$$\epsilon = \frac{y}{R} \quad (7.2)$$

$$\sigma = \frac{E y}{R} \quad (7.3)$$

$$P = \int_A \sigma dA = \frac{E}{R} \int_A y dA \quad (7.4)$$

$$M_x = \int_A y dP = \int_A y \sigma dA = \frac{E}{R} \int_A y^2 dA \quad (7.5)$$



$$I_x = \int_A y^2 dA \quad (7.6)$$

$$M_x = \frac{EI_x}{R} \quad (7.7)$$

$$\frac{d\phi}{ds} = \frac{M}{EI} \quad (7.8)$$

$$\sigma = \frac{My}{I} \quad (7.9)$$

3.2.6. MODELO PUNTAL TENSOR

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI318-19

A continuación, se presenta artículos traducidos por el presente tesista, ya que la versión original por el momento se encuentra en inglés:

23.1 — Alcance

23.1.1 Este capítulo se aplicará al diseño estructural de miembros de concreto, o regiones de miembros, donde carga o discontinuidades geométricas causan una distribución no lineal de deformaciones longitudinales dentro de la sección transversal.

23.1.2 Cualquier miembro estructural de concreto, o región de discontinuidad en un miembro, se le permitirá ser diseñado modelando el miembro o región como una armadura idealizada de acuerdo con este capítulo.

R23.1 — Alcance

Se produce una discontinuidad en la distribución del esfuerzo en un cambio en la geometría de un elemento estructural o en una carga concentrada o reacción. El principio de San Venant indica que las tensiones debidas a la fuerza axial y el enfoque de flexión de distribución lineal a una distancia aproximadamente igual a la profundidad del miembro, h , lejos de la discontinuidad. Por esta razón, se supone que las regiones de discontinuidad se extienden una distancia h de la sección donde se carga o cambia La geometría ocurre.



Las regiones sombreadas en la figura R23.1 (a) y (b) muestran características típicas Regiones D (Schlaich et al. 1987). El supuesto de secciones planas de 9.2.1 no es aplicable en tales regiones. En general, cualquier parte de un miembro fuera de una región D es una región B porque cuando las secciones son planas se puede aplicar la teoría de flexión. El método de diseño de puntal y corbata, como se describe en este capítulo, se basa en el supuesto de que las regiones D puede ser analizado y diseñado usando armaduras hipotéticas articuladas que consisten en puntales y tensores conectadas en los nodos.

La armadura idealizada especificada en 23.2.1. Que forma la base del método de puntal-tensor, no se aplica en el sistema estructural configurado como armaduras reales porque los efectos secundarios, como los momentos, no están incluidos en el modelo.

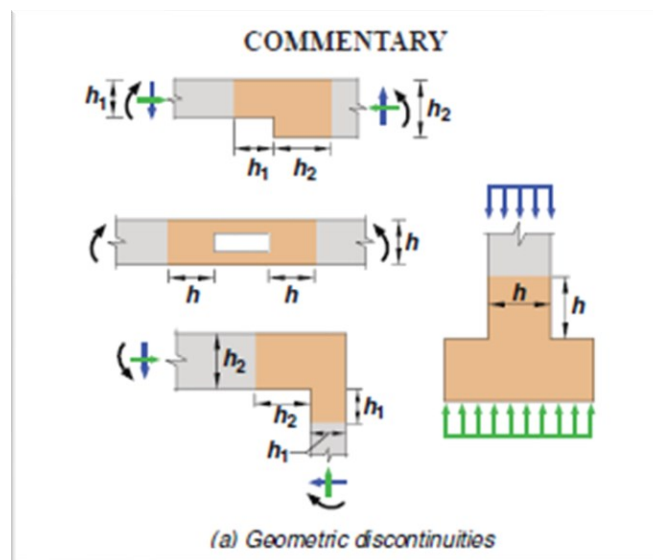


Fig. 09. Discontinuidad geométrica

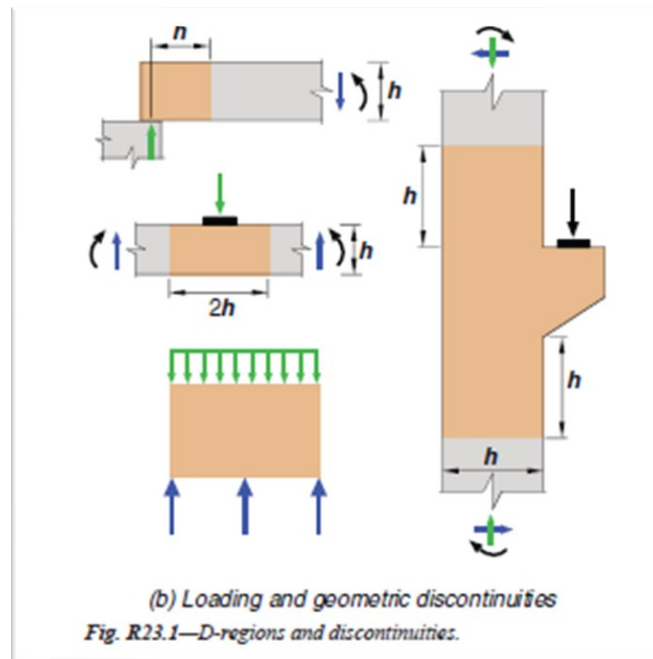


Fig. 10. Discontinuidad por carga concentrada

23.2 — General

23.2.1 Los modelos de puntal y tensor deben consistir en puntales y tensores conectados en los nodos para formar una armadura idealizada en dos o tres dimensiones.

R23.2 — General

R23.2.1 Para la armadura idealizada, los puntales son los miembros a compresión, los puntales son los miembros a tensión, y los nodos son las articulaciones. Las cargas distribuidas uniformemente generalmente se idealizan como una serie de cargas concentradas aplicadas en los nodos. Similar, el refuerzo distribuido generalmente se modela como tensores discretos representando grupos de barras o alambres individuales. Detalles de El uso del método de strut-and-tie se da en Schlaich et al. (1987), Collins y Mitchell (1991), MacGregor (1997), FIP (1999), Menn (1986), Muttoni et al. (1997), y ACI 445R.



Los ejemplos de diseño para el método de strut-and-tie se dan en ACI SP-208 (Reineck 2002) y ACI SP-273 (Reineck y Novak 2010). El proceso de diseño por el método puntal y tensor para soportar las fuerzas impuestas que actúan sobre y dentro de una región D se conoce como el método de puntal y tensor, y incluye los siguientes cuatro pasos:

- (1) Define y aísla cada región D.
- (2) Calcule las fuerzas resultantes en el contorno de la región D.
- (3) Seleccione el modelo y calcule las fuerzas en los puntales y tensores para transferir las fuerzas resultantes a través de la región D. Los ejes de los puntales y tensores se eligen para que aproximadamente coincida con los ejes a compresión y el campo de tensiones respectivamente.
- (4) Diseñe los puntales, los tensores y las zonas nodales para que el refuerzo debe estar anclado en o más allá de las zonas nodales. Para los puntales y zonas nodales se determinan considerando el esfuerzo efectivo del concreto definido en 23.4.3. y 23.9.2. El reforzamiento provisto para los tensores considerando el acero de refuerzo definido en 23.7.2. El refuerzo debe ser anclado en o más de la zona nodal.

Los componentes de un modelo de puntal y tensor de un solo tramo en una viga alta con cargas concentradas son identificados en la figura R23.2.1. Las dimensiones de la sección transversal de un puntal o tensor se designan como grosor y ancho, y ambas direcciones son perpendiculares al eje del puntal o tensor. El espesor es perpendicular al plano, y el ancho está en el plano del modelo puntal y tensor. Un tensor consiste en refuerzo no pretensado o pretensado más una porción del concreto circundante que es concéntrico con el eje del tensor.

El hormigón circundante debe anclar al tensor. El hormigón en un tensor no se usa para resistir la fuerza axial en el tensor. Aunque no se considera explícitamente en diseño, el hormigón circundante reducirá los alargamientos del tensor, especialmente en cargas de servicio.

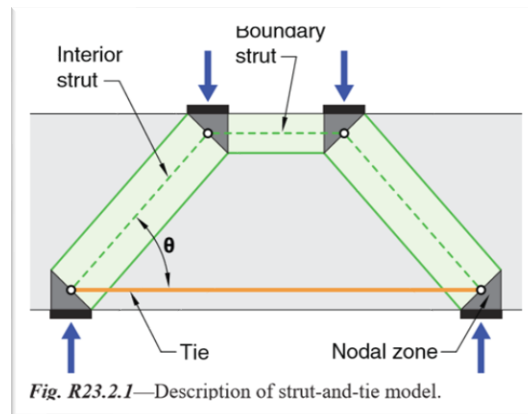


Fig. 11. Modelo puntal- tensor en una viga

23.2.2 La geometría de la cercha idealizada debe ser consistente con las dimensiones de los puntales, tensores, zonas nodales, zonas de apoyo y soportes.

R23.2.2 Los puntales, los tensores y las zonas nodales que componen el modelo puntal y tensor tienen anchos finitos, típicamente en el plano del modelo, y espesores, típicamente la dimensión fuera del plano de la estructura, que debe tomarse en cuenta al seleccionar las dimensiones de la cercha. Figuras R23.2.2 (a) y (b) muestran un nodo y la correspondiente zona nodal. Las fuerzas verticales y horizontales equilibran las fuerzas en el puntal inclinado.

Si más de tres fuerzas actúan en una zona nodal en un modelo bidimensional de puntal y tensor, como se muestra en la figura R23.2.2b, Se sugiere resolver algunas de las fuerzas para formar tres fuerzas de intersección. Las fuerzas del puntal que actúan sobre las caras A-E y C-E en la figura R23.2.2 (a) se puede reemplazar con una fuerza que actúa en la cara A-C como se muestra en la figura R23.2.2 (b). Esta fuerza pasa a través del nodo en D.

Alternativamente, se puede analizar el modelo de strut-and-tie asumiendo que todas las fuerzas del puntal actúan a través del nodo en D, como se muestra en la figura R23.2.2 (c). En este caso, las fuerzas en los dos puntales en el



lado derecho del nodo D se pueden resolver en una sola fuerza que actúa a través del punto D, como se muestra en la figura R23.2.2 (d).

Si el ancho del soporte en la dirección perpendicular al miembro es menor que el ancho del miembro, puede ser necesario un refuerzo transversal para restringir la división vertical en el plano del nodo. Esto se puede modelar usando un modelo transversal de puntal y tensor.

R23.2.3 Los resultados del análisis del método de puntal y tensor representan estados límites de esfuerzos de límite inferior. Sección 23.5.1 requiere refuerzo distribuido en regiones D diseñadas en este capítulo a menos que los puntales estén restringidos lateralmente. Distribuido el refuerzo en las regiones D mejorará la capacidad de actuación en servicio. Además, los anchos de grietas en un tensor pueden controlarse usando 24.3.2, suponiendo que el tensor esté encerrado en un prisma de hormigón correspondiente al área del tensor de R23.8.1.

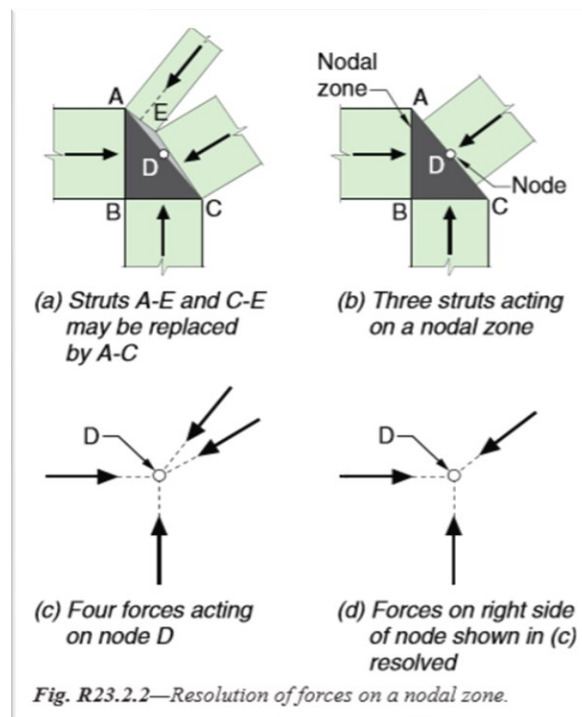


Fig. 12. Fuerzas en una zona nodal



23.2.3 Los modelos de puntal y tensor deben ser capaces de transferir todas las cargas factorizadas a soportes o regiones B adyacentes.

23.2.4 Las fuerzas internas en los modelos de puntal y tensor deben estar en equilibrio con las cargas y reacciones aplicadas.

23.2.5 Se debe permitir que los tensores crucen puntales y otros puntales.

23.2.6 Los puntales deben intersectarse o traslaparse solo en los nodos.

R23.2.6 Tensiones en las caras cargadas; estas caras son perpendiculares a los ejes de los puntales y tensores que actúan sobre el nodo. Este tipo de nodo se considera una zona nodal hidrostática porque los esfuerzos en el plano son las mismas en todas las direcciones. Estrictamente hablando, esta terminología es incorrecta porque en el plano las tensiones no son iguales a las tensiones fuera del plano.

La Figura R23.2.6a (i) muestra una zona nodal C-C-C. Si los esfuerzos en todas las caras de la zona nodal son las mismas en los tres puntales, las proporciones de las longitudes de los lados de la zona nodal, $w_n1: w_n2: w_n3$, están en las mismas proporciones que los tres fuerzas, $C1: C2: C3$.

Una zona nodal C-C-T se puede representar como una zona nodal hidrostática si se supone que el tensor se extiende a través del nodo y está anclado por una placa en el lado más alejado del nodo, como se muestra en la figura R23.2.6a (ii), siempre que el tamaño de la placa resulta en esfuerzos de apoyo que son iguales a las tensiones en los puntales. La placa de apoyo en el lado izquierdo de la figura R23.2.6a (ii) se utiliza para representar un anclaje de amarre real. La fuerza del tensor puede ser anclado por una placa o mediante anclaje de forma recta las barras (Fig. R23.2.6a (iii)), barras con cabeza o barras enganchadas. Para nodos no hidrostáticos, la cara con el mayor esfuerzo se controlará las dimensiones del nodo.

El área ligeramente sombreada en la figura R23.2.6b es una zona nodal extendida. Una zona nodal extendida es esa porción limitada por la intersección del ancho efectivo del puntal w_s y el ancho efectivo del tensor w_t .



Para el equilibrio, al menos tres fuerzas deben actuar sobre cada nodo en un modelo puntal y tensor, como se muestra en la figura R23.2.6c.

El nodo C-C-C resiste tres fuerzas de compresión, un nodo C-C-T resiste dos fuerzas de compresión y una fuerza de tracción, y una El nodo C-T-T resiste una fuerza de compresión y dos fuerzas de tracción.

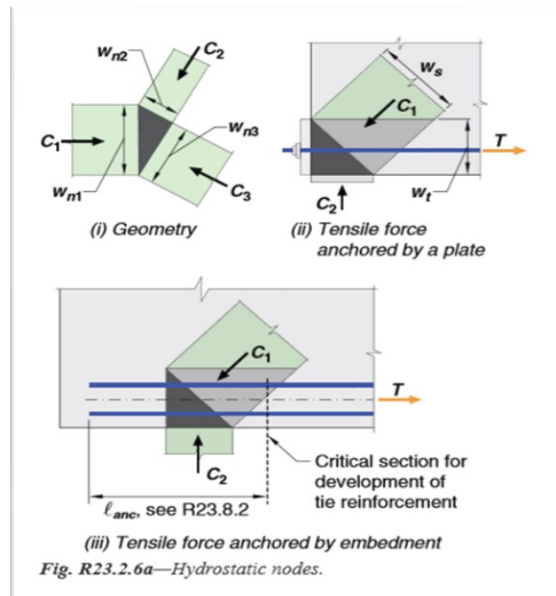


Fig. 13. Distribución de refuerzos en una zona nodal

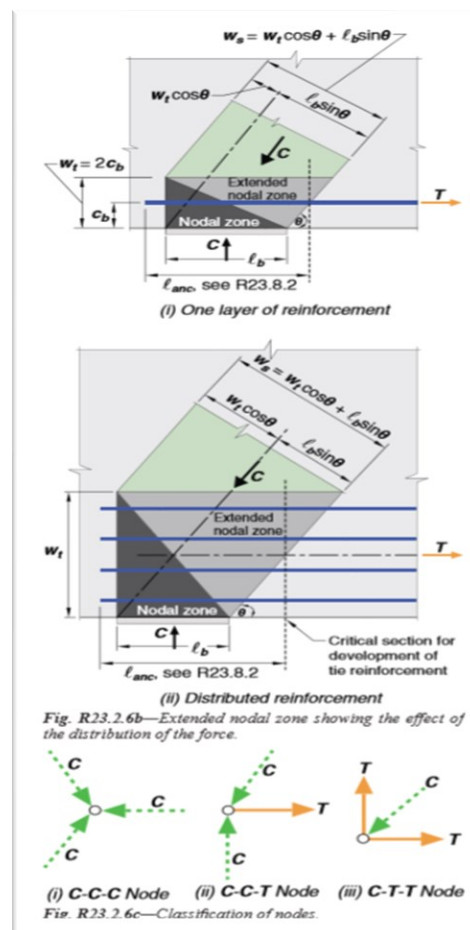


Fig. 14. Tipo de nodos

23.2.7 El ángulo entre los ejes de cualquier puntal y cualquier tensor que entran en un solo nodo debe ser de al menos 25 grados.

23.2.8 Los efectos del pretensado se incluirán en el modelo de puntal y tensor como cargas externas con factores de carga en de conformidad con 5.3.11. Para miembros pretensados, deberá tener permitido suponer que la fuerza de pretensado se aplica en el final de la longitud de transferencia del cable.

R23.2.7 El ángulo entre los ejes de un puntal y un tensor que actúan sobre un nodo debe ser lo suficientemente grande como para mitigar el agrietamiento y para evitar incompatibilidades debido al acortamiento del puntal y alargamiento del tensor que ocurre en la misma dirección aproximadamente. Esta limitación en el ángulo evita el modelado de la luz de corte en vigas delgadas utilizando



puntales inclinados a menos de 25 grados del refuerzo longitudinal (Muttoni et al. 1997).

En algunos casos, los modelos de puntal y tensor pueden ajustarse a cumplir este requisito sin excluir el refuerzo transversal cerca de cargas concentradas o reacciones como se ilustra en la figura R23.2.7.

23.2.9 Vigas profundas diseñadas con el método puntal y tensor debe satisfacer 9.9.2.1, 9.9.3.1 y 9.9.4.

R23.2.8 El flujo de fuerzas en el modelo puntal y tensor no es realista si los efectos de pretensado no se consideran cargas externas. Es necesario incluir los efectos de pretensado como cargas externas para identificar regiones donde los efectos de otras cargas externas exceden la fuerza de pre compresión y viceversa. Los efectos de pretensado se simulan mediante cargas concentradas en los anclajes y cargas transversales equivalentes a los efectos de desviación o curvatura del tendón. La disposición 5.3.11 requiere diferentes factores de carga dependiendo de los efectos del pretensado en el modelo de puntal y tensor. La aplicación de la fuerza de pretensado al final de la longitud de transferencia puede requerir una barra de sujeción deformada donde se transfiere la fuerza de pretensado.

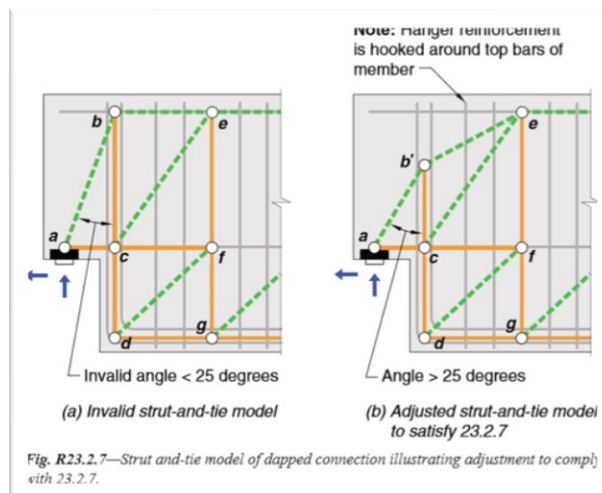


Fig. 15. Modelo PT en una viga apoyada



23.2.10 Braquetes y ménsulas con relación de alcance de corte a profundidad $a_v / d < 2.0$ diseñada utilizando el método de puntal y tensor satisface 16.5.2, 16.5.6 y la ecuación. (23.2.10).

$$A_{sc} \geq 0.04(f'_c/f_y)(b_w d) \quad (23.2.10)$$

23.2.11 Se aplicarán los requisitos de fricción de corte de 22.9 donde es apropiado considerar la transferencia de corte a través de cualquier plano dado, como una grieta existente o potencial, una interfaz entre materiales diferentes, o una interfaz entre dos modelos de concreto en diferentes tiempos.

23.2.12 Miembros diseñados utilizando modelos de puntal y tensor que son parte del sistema de resistencia a la fuerza sísmica deberán cumplir con el requisito adicional de 23.11, si corresponde.

23.3 — Resistencia de diseño

23.3.1 Para cada combinación de carga factorizada aplicable, resistencia de diseño de cada puntal, tensor y zona nodal en una estructura el modelo de puntal y tensor deberá satisfacer $\phi S_n \geq U$, incluyendo (a) a (c):

(a) Puntales: $\phi F_{ns} \geq F_{us}$

(b) Tensores: $\phi F_{nt} \geq F_{ut}$

(c) Zonas nodales: $\phi F_{nn} \geq F_{us}$

23.3.2 ϕ deberá estar de acuerdo con 21.2.

23.4 — Resistencia de puntales

23.4.1 La resistencia nominal a la compresión de un puntal, F_{ns} , se calculará mediante (a) o (b):

(a) Puntal sin refuerzo longitudinal

$$F_{ns} = f_{ce} A_{cs} \quad (23.4.1a)$$

**(b) Puntal con refuerzo longitudinal**

$$F_{ns} = f_{ce}A_{cs} + A_s'f_s' \quad (23.4.1b)$$

donde **Fns** se evaluará en cada extremo del puntal y tomado como el menor valor; **Acs** es el área de la sección transversal al final del puntal bajo consideración; f_{ce} se da en 23.4.3; A_s' es el área de refuerzo a compresión a lo largo de la longitud del puntal; y f_s' es el esfuerzo en el refuerzo de compresión a la resistencia axial nominal del puntal. Se permitirá tomar f_s' igual a f_y para refuerzos de Grado 40 o 60.

23.4.2 Resistencia efectiva a la compresión del concreto en un puntal, **fce**, se calculará de acuerdo con 23.4.3 o 23.4.4.

R23.2.11 Una junta de construcción entre una ménsula y la cara de una columna es un ejemplo de una interfaz donde el corte se aplican los requisitos de fricción de 22.9.

R23.3 — Resistencia de diseño

R23.3.1 Las cargas factorizadas se aplican al modelo puntal y tensor, y las fuerzas en todos los puntales, tensores y zonas nodales son calculados. Si existen varias combinaciones de carga, cada una debe investigarse por separado. Para un determinado puntal, tensor o zona nodal, **Fu** es la mayor fuerza en ese elemento para todas las combinaciones de carga consideradas.

R23.4 — Resistencia de puntales

R23.4.1 El ancho del puntal, w_s , utilizado para calcular A_{cs} es la dimensión perpendicular al eje del puntal en los extremos del puntal. Este ancho de puntal se ilustra en la figura R23.2.6a (i) y la figura R23.2.6b. Si los modelos bidimensionales de puntal y tensor son apropiados, como para vigas altas, los grosores de los puntales se pueden tomar como el ancho del miembro, excepto en soportes de apoyo donde el espesor del puntal debe ser igual el grosor mínimo del miembro o elemento de soporte.

La contribución del refuerzo a la fuerza del puntal viene dada por el último término en la ecuación. (23.4.1b). El esfuerzo f_s' en el refuerzo en un puntal



a resistencia nominal puede ser obtenido de las tensiones en el puntal cuando el puntal se aplasta.

Se deben cumplir los requisitos detallados en 23.6, incluidos el refuerzo de confinamiento para evitar el pandeo del refuerzo del puntal.

R23.4.2 En diseño, los puntales generalmente se idealizan como miembros de compresión prismáticos. Si el área de un puntal difiere en sus dos extremos, debido a las diferentes fuerzas de la zona nodal en los dos extremos o a diferentes longitudes de apoyo, el puntal se idealiza como un miembro de compresión uniformemente cónico

23.4.3 La resistencia a la compresión efectiva del concreto en un puntal, f_{ce} , se calculará mediante:

$$f_{ce} = 0.85 \beta_c \beta_s f_c' \quad (23.4.3)$$

donde β_s está de acuerdo con la Tabla 23.4.3 (a) y β_c está de acuerdo con la Tabla 23.4.3 (b).

Table 23.4.3(a)—Strut coefficient β_s

| Strut location | Strut type | Criteria | β_s | |
|---|-----------------|---|-----------|-----|
| Tension members or tension zones of members | Any | All cases | 0.4 | (a) |
| All other cases | Boundary struts | All cases | 1.0 | (b) |
| | Interior struts | Reinforcement satisfying (a) or (b) of Table 23.5.1 | 0.75 | (c) |
| | | Located in regions satisfying 23.4.4 | 0.75 | (d) |
| | | Beam-column joints | 0.75 | (e) |
| | All other cases | 0.4 | (f) | |

Fig. 16. Coeficiente de reducción B_s

Table 23.4.3(b)—Strut and node confinement modification factor β_c

| Location | β_c | | |
|--|-----------|--|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> End of a strut connected to a node that includes a bearing surface Node that includes a bearing surface | Lesser of | $\sqrt{A_2/A_1}$, where A_1 is defined by the bearing surface | (a) |
| | | 2.0 | (b) |
| Other cases | | 1.0 | (c) |



Fig. 17. Coeficiente de reducción B_c

23.4.4 Si el uso de B_s de 0.75 se basa en la línea (d) de la Tabla 23.4.3 (a), las dimensiones de los miembros se seleccionarán para satisfacer la ecuación (23.4.4), donde λ_s es definida en 23.4.4.1.

$$V_u \leq \phi 5 \tan \phi \lambda_s \sqrt{f'_c} b_w d \quad (23.4.4.)$$

R23.4.3. El coeficiente de esfuerzo $0.85f_c$ en la ecuación. (23.4.3) representa la resistencia efectiva del concreto bajo compresión sostenida, similar a la utilizada en la ecuación. (22.4.2.2) y (22.4.2.3).

Se aplica el valor de B_s en (a) de la Tabla 23.4.3 (a), para ejemplo, para un modelo transversal de una viga de apoyo utilizado para proporcionar la suspensión y el refuerzo del apoyo, donde la tensión longitudinal en el elemento reduce la resistencia de los puntales transversales. El Bajo valor de B_s refleja que estos puntales necesitan transferir compresión en una zona donde los esfuerzos de tensión actúan perpendicularmente al plano del modelo de puntal y tensor.

El valor de B_s en (b) de la Tabla 23.4.3 (a) se aplica a un puntal de contorno y resulta en un estado de tensión que es comparable al bloque de tensión rectangular en la zona de compresión de un viga o columna. Los puntales de contorno no están sujetos a tensión transversal y, por lo tanto, tienen una resistencia efectiva mayor f_{ce} , que los puntales interiores (Fig. R23.2.1).

El valor de B_s in (c) de la tabla 23.4.3 (a) refleja el efecto beneficioso del refuerzo distribuido.

El valor de B_s en (d) de la Tabla 23.4.3 (a) se aplica a puntales interiores en regiones con suficiente resistencia a la tensión diagonal para satisfacer la ecuación (23.4.4).

El valor de B_s en (e) de la tabla 23.4.3 (a) refleja los requerimientos para reforzamiento o confinamiento de juntas viga - columna Capítulo 15.



El valor de B_s en (f) de la Tabla 23.4.3 (a) se reduce a impedir la falla de la tensión diagonal en regiones sin refuerzo transversal que no cumple o no se evalúa bajo 23.4.4. Evaluación de los resultados de la prueba de corte del ACI en la base de datos para miembros sin refuerzo transversal indica que las fallas de tensión diagonal están excluidas si los puntales están proporcionados en base a B_s de 0.4 (Reineck y Todisco 2014). La base de datos de corte del ACI incluye resultados de pruebas para especímenes con un promedio “d” de 15 pulg. y que no excedan 38 pulg. Por lo tanto, no se espera que el efecto de tamaño reduzca significativamente la fuerza de los miembros de este tamaño. Debido a que el efecto de tamaño puede ser significativo para miembros más profundos sin refuerzo transversal, la evaluación de acuerdo con la ecuación. (23.4.4) se considera apropiado.

Se tiene en cuenta la resistencia a la compresión de un puntal o nodo por B_c . La superficie de apoyo puede ser una placa de apoyo o el área de una carga de compresión bien definida de otro miembro, como una columna. Es el mismo efecto de confinamiento que el utilizado para las áreas de apoyo en 22.8.3. El aumento de la resistencia a la compresión asociada con el confinamiento proporcionado por el hormigón circundante para un modelo de puntal y tensor se describe mediante Tuchscherer et al. (2010) y Breen et al. (1994)

23.4.4 La ecuación (23.4.4) tiene la intención de impedir las fallas de tensión diagonal. En regiones discontinuas, la resistencia a la tensión diagonal aumenta a medida que aumenta el ángulo del puntal. Por puntales muy inclinados, V_u puede exceder $\phi 10 \lambda \lambda_s \sqrt{f'_c} b_w d$

23.4.4.1 El factor de modificación del tamaño, λ_s , será determinado por (a) o (b), según corresponda:

(a) Si se proporciona refuerzo distribuido de acuerdo con 23.5, λ_s se tomará como 1.0.

(b) Si el refuerzo distribuido no se proporciona de acuerdo con 23.5, λ_s se tomarán de acuerdo con la ecuación. (23.4.4.1).



$$\lambda_s = \sqrt{\frac{2}{1 + \frac{d}{10}}} \leq 1 \quad (23.4.4.1)$$

23.5 — Refuerzo distribuido mínimo

23.5.1 En regiones D diseñadas utilizando el método puntal y tensor, el refuerzo distribuido mínimo será provisto a través de los ejes de puntales interiores de acuerdo con Tabla 23.5.1.

Table 23.5.1—Minimum distributed reinforcement

| Lateral restraint of strut | Reinforcement configuration | Minimum distributed reinforcement ratio | |
|----------------------------|---|---|-----|
| Not restrained | Orthogonal grid | 0.0025 in each direction | (a) |
| | Reinforcement in one direction crossing strut at angle α_1 | $\frac{0.0025}{\sin^2 \alpha_1}$ | (b) |
| Restrained | Distributed reinforcement not required | | (c) |

Fig. 18. Mínimo refuerzo distribuido

23.5.2 El refuerzo distribuido requerido por 23.5.1 deberá satisfacer (a) y (b):

(a) El espacio no debe exceder 12 pulg.

(b) El ángulo α_1 no debe ser inferior a 40 grados.

23.5.3 Los puntales se consideran restringidos lateralmente si están restringidos perpendicularmente al plano del modelo puntal y tensor de acuerdo con (a), (b) o (c):

(a) La región de discontinuidad es continua perpendicular al plano del modelo puntal y tensor.

(b) El concreto que restringe el puntal se extiende más allá de cada cara lateral del puntal a una distancia no inferior a la mitad del ancho del puntal.

(c) El puntal está en una unión o articulación que está sujeta de acuerdo con 15.2.5 o 15.2.6.

23.5.4 Se debe desarrollar el refuerzo requerido en 23.5.1 más allá de la extensión del puntal de acuerdo con 25.4.



R23.5: Mínimo refuerzo distribuido

El método de puntal y tensor se deriva del límite inferior del teorema de plasticidad; por lo tanto, un miembro diseñado usando redistribución de las fuerzas internas en el estado agrietado (Martí 1985). Además de permitir la redistribución de la fuerza, el refuerzo distribuido controla el agrietamiento en las cargas de servicio y promueve el comportamiento dúctil (Smith y Vantsiotis 1982; Rogoswky y MacGregor 1986; Tan y col. 1977).

Los puntales interiores generalmente están orientados paralelos a los campos de compresión y por lo tanto, están orientados perpendicularmente a los campos de tensión diagonal. Los esfuerzos de tensión a través del puntal también pueden desarrollarse donde el esfuerzo de compresión en el nodo se extiende a lo largo de un puntal. Mínimo refuerzo distribuido ayuda a controlar el agrietamiento por estos esfuerzos de tensión.

La relación de refuerzo distribuido requerida por 23.5.1 es el total en ambas caras más cualquier capa interior colocada en el ancho de los miembros. La figura R23.5.1 ilustra refuerzo distribuido unidireccional cruzando puntales interiores en ángulo α_1 .

Aunque el refuerzo mínimo distribuido no es requerido donde los puntales interiores están restringidos lateralmente, el refuerzo distribuido puede ser beneficioso en regiones de gran discontinuidad. Una ménsula continua que soporta una losa es un ejemplo de una región de discontinuidad que incluye puntales que están lateralmente restringido de acuerdo con 23.5.3 (a). Tapas de pilotes y las repisas de vigas que soportan cargas concentradas son ejemplos de regiones de discontinuidad que incluyen puntales laterales restringido de acuerdo con 23.5.3 (b). Las caras laterales de el puntal en 23.5.3 (b) son las caras paralelas al plano de la modelo. Para tapas de pilotes evaluadas usando modelo puntal y tensor tridimensional, el plano del modelo 23.5.3. está definido por el puntal en cuestión y el pilote al que se conecta.

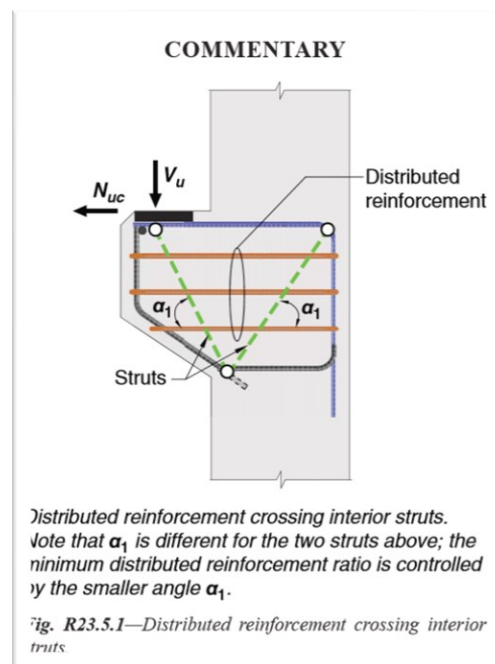


Fig. 19. Distribución del refuerzo en una ménsula

Refuerzo distribuido cruzando puntales interiores. Tenga en cuenta α_1 es diferente para los dos puntales anteriores, la relación mínima de refuerzo distribuido está controlada por el ángulo más pequeño α_1

23.6 — Detalle de refuerzo del puntal

23.6.1 El refuerzo de compresión en puntales debe ser paralela al eje del puntal y encerrada a lo largo del puntal por tensores cerrados de acuerdo con 23.6.3 o por espirales de acuerdo con 23.6.4.

23.6.2 El refuerzo de compresión en puntales debe ser anclado para desarrollar f_s' en la cara de la zona nodal, donde f_s' se calcula de acuerdo con 23.4.1.

23.6.3 Tensores cerrados que encierran refuerzo de compresión en puntales debe cumplir con 25.7.2 y esta sección.

23.6.3.1 Espaciado de tensores cerrados, **S**, a lo largo de la longitud del puntal no debe exceder el más pequeño de (a) y (c):

(a) La dimensión más pequeña de la sección transversal del puntal



(b) 48db de la barra o alambre usado para refuerzo de amarre cerrado

(c) 16db del refuerzo de compresión

23.6.3.2 El primer tensor cerrado se ubicará a no más de 0.5s de la cara de la zona nodal en cada extremo de un puntal.

23.6.3.3 Los tensores cerrados deben estar dispuestas de tal manera que cada la esquina y barra longitudinal alternativa tenga soporte lateral provisto por cruces o la esquina de un tensor con un ángulo incluido de no más de 135 grados y ninguna barra longitudinal debe ser mayor de 6 pulg. Despeje a cada lado a lo largo del tensor desde una barra lateralmente apoyada.

23.6.4 Espirales que encierran refuerzo de compresión en los puntales deberán satisfacer 25.7.3.

23.7 — Fuerza de Tensores

23.7.1 Los refuerzos de tensores pueden ser No pre esforzados o presforzados.

23.7.2 La resistencia a la tracción nominal de un Tensor, F_{nt} , debe ser calculado por:

$$F_{nt} = A_{ts} f_y + A_{tp} \Delta f_p \quad (23.7.2)$$

where A_{tp} is zero for nonprestressed members.

donde “ A_{tp} ” es cero para miembros no pre esforzados.

23.7.2.1 En la ec. (23.7.2), se le permitirá tomar f_p igual a 60,000 psi para refuerzo pretensado unido y 10,000 psi para refuerzo pretensado no unido. Mayores valores de Δf_p debe ser sustentado, pero Δf_p no se tomará mayor que $(f_{py} - f_{se})$.

23.8 — Detalle de refuerzo de Tensores

23.8.1 El eje centroidal del refuerzo del tensor deberá coincidir con el eje del tensor asumido en el modelo puntal y amarre.



23.8.2 El refuerzo de amarre debe estar anclado por medios mecánicos, dispositivos de anclaje postensado, ganchos estándar, o desarrollo de barra recta de acuerdo con 23.8.3, a excepción de los tensores que se extienden desde los nodos de barra curva diseñados en de conformidad con 23.10.

R23.7 — Fuerza de los Tensores

R23.7.2 La fuerza del tensor en 23.7.2 se basa en incluir cualquier efecto de pretensado como cargas externas de acuerdo con 23.2.8. La fuerza total de un tensor pretensado es $A_{tp}(f_{se} + \Delta f_p)$.

R23.8 — Detalle de refuerzo de Tensores

R23.8.1 El ancho del tensor efectivo asumido en el diseño “wt”, puede variar entre los siguientes límites, dependiendo de la distribución del refuerzo del tensor:

(a) Si las barras en el tensor están en una capa, se puede tomar el ancho efectivo del tensor puede tomarse como el diámetro de las barras en el tensor más el doble del recubrimiento a la superficie de las barras, como se muestra en Fig. R23.2.6b (i).

(b) Se puede tomar un límite superior práctico del ancho del tensor como el ancho correspondiente al ancho en una zona nodal hidrostática, calculada como $W_{t,max} = F_{nt}/(f_{cebs})$, donde “f_{ce}” es calculado para la zona nodal de acuerdo con 23.9.2.

Si el ancho del tensor excede el valor de (a), el refuerzo del empate debe distribuirse aproximadamente de manera uniforme sobre el ancho y grosor del tensor, como se muestra en la Fig. R23.2.6b (ii).

R23.8.2 El anclaje de los tensores a menudo requiere atención especial en zonas nodales de ménsulas o en zonas nodales adyacentes a soportes exteriores de vigas altas. El refuerzo en un tensor debe anclarse antes de que salga de la zona nodal extendida en el punto definido por la intersección del centroide de las barras en el tensor y las extensiones de los contornos de cualquier puntal o el área de apoyo. Esta longitud es l_{anc} . En la figura R23.2.6b, esto ocurre cuando el contorno de la zona nodal extendida se cruza



por el centroide del refuerzo en la unión. Algunos anclajes se puede lograr extendiendo el refuerzo a través de la zona nodal, como se muestra en la figura R23.2.6a (iii) y R23.2.6b, y desarrollándolo más allá de la zona nodal. Si el tensor se ancla usando ganchos de 90°, los ganchos deben estar confinados dentro del refuerzo para evitar grietas en el exterior de los ganchos en la región de soporte.

23.8.3. La fuerza de amarre se desarrollará en cada dirección en el punto donde el centroide del refuerzo en el tensor abandona la zona nodal extendida.

23.9 — Fuerza de las zonas nodales.

23.9.1 La resistencia a la compresión nominal de una zona nodal, F_{nn} , se calculará por:

$$F_{nn} = f_{ce} A_{nz} \quad (23.9.1)$$

Donde “ f_{ce} ” es definido en 23.9.2. o 23.9.3. y A_{nz} se da en 23.9.4 o 23.9.5.

23.9.2 La resistencia a la compresión efectiva del concreto en la cara de una zona nodal, “ f_{ce} ”, se calculará por:

$$f_{ce} = 0.85 \beta_c \beta_n f_c' \quad (23.9.2)$$

Donde “ β_n ” estará de acuerdo con la Tabla 23.9.2 y “ β_c ” es de acuerdo con la Tabla 23.4.3 (b).

COMENTARIO

En vigas altas, barras de horquilla empalmadas con el refuerzo del tensor se puede usar para anclar las fuerzas del tensor en los soportes exteriores, siempre que el ancho de la viga sea lo suficientemente grande como para acomodar tales barras.

La figura R23.8.2 muestra dos amarres anclados en una zona nodal.

Se requiere desarrollo donde el centroide del tensor cruza el contorno de la zona nodal extendida.

La longitud de desarrollo del refuerzo del tensor puede ser reducido a través de ganchos, barras con cabeza, dispositivos mecánicos, confinamiento



adicional o empalmándolo con capas de barras más pequeñas, barras más pequeñas.

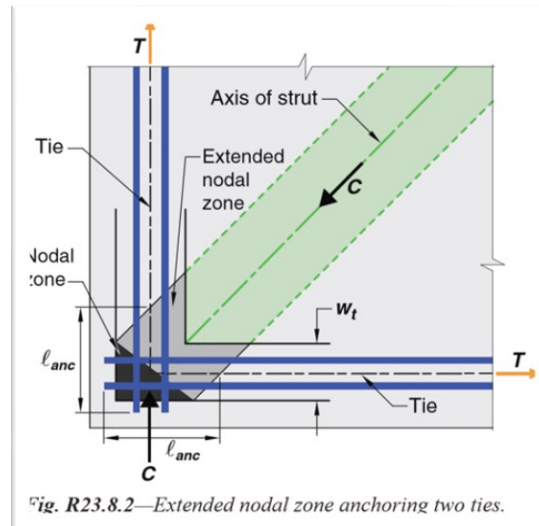


Fig. R23.8.2—Extended nodal zone anchoring two ties.

Fig. 20. Zona nodal extendida y longitud de anclaje

R23.9 — Fuerza de las zonas nodales.

R23.9.2 Los nodos en modelos bidimensionales se pueden clasificar como se muestra en Fig. R23.2.6c. La fuerza efectiva a compresión de la zona nodal está dada por la ecuación. (23.9.2) donde el valor de β_n se da en la Tabla 23.9.2.

Los valores más bajos de “ β_n ” reflejan el grado creciente de interrupción de las zonas nodales debido a la incompatibilidad de los esfuerzos de tensión en los tensores y los esfuerzos de compresión en los puntales.

El esfuerzo en cualquier cara de la zona nodal o en cualquier sección a través de la zona nodal no debe exceder el valor dado por Eq. (23.9.2).

Table 23.9.2—Nodal zone coefficient β_n

| Configuration of nodal zone | β_n | |
|--|-----------|-----|
| Nodal zone bounded by struts, bearing areas, or both | 1.0 | (a) |
| Nodal zone anchoring one tie | 0.80 | (b) |
| Nodal zone anchoring two or more ties | 0.60 | (c) |

Fig. 21. Coeficiente de reducción β_n



23.9.3 Si se proporciona refuerzo de confinamiento dentro de la zona nodal y su efecto está documentado por pruebas y análisis, se le permitirá usar un mayor valor de f_{ce} al calcular F_{nn} .

23.9.4 El área de cada cara de una zona nodal, A_{nz} , será tomado como el más pequeño de (a) y (b):

(a) Área de la cara de la zona nodal perpendicular a la línea de acción de F_{us}

(b) Área de una sección a través de la zona nodal perpendicular a la línea de acción de la fuerza resultante en la sección.

23.9.5 En un modelo tridimensional de puntal y tensor, el área de cada cara de una zona nodal será al menos la dada en 23.9.4, y la forma de cada cara de la zona nodal debe ser similar a la forma de la proyección del final del puntal en la cara correspondiente de la zona nodal.

3.2.7. FACTOR DE REDUCCION DE ESFUERZO ϕ

(ACI318-19), En su reglamento titulado "Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural" en el artículo 21.2.



| Acción o Elemento Estructural | ϕ | Excepciones |
|---|---|---|
| (a) Momento, fuerza axial o momento y fuerza axial combinados | 0.65 a 0.9 de acuerdo con 21.2.2 | Cerca de los extremos de elementos pretensados donde los torones no se han desarrollado totalmente, ϕ debe cumplir con 21.2.3. |
| (b) Cortante | 0.75 | Se presentan requisitos adicionales en 21.2.4 para estructuras diseñadas para resistir efectos sísmicos. |
| (c) Torsión | 0.75 | — |
| (d) Aplastamiento | 0.65 | — |
| (e) Zonas de anclajes de postensado | 0.85 | — |
| (f) Cartelas y ménsulas | 0.75 | — |
| (g) Puntales, tensores, zonas nodales y áreas de apoyo diseñadas de acuerdo con el método puntal-tensor del Capítulo 23 | 0.75 | — |
| (h) Componentes de conexiones de miembros prefabricados controlados por fluencia de los elementos de acero a tracción | 0.9 | — |
| (i) Elementos de concreto simple | 0.6 | — |
| (j) Anclajes en elementos de concreto | 0.45 a 0.75 de acuerdo con el Capítulo 17 | — |

Fig. 22. Factores de reducción de resistencia ϕ

3.2.8. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES E.060 – “Concreto Armado”

METODOS DE ANALISIS

(RNE-2009), En su reglamento titulado “E.060 Concreto Armado” en el artículo 8.3.1. menciona que todos los elementos estructurales deberán diseñarse para resistir los efectos máximos producidos por las cargas amplificadas, determinados por medio del análisis estructural, suponiendo una repuesta lineal elástica de la estructura, excepto cuando se modifiquen los momentos



flectores de acuerdo con 8. 4. Se permite simplificar el diseño cuando las suposiciones indicadas en 8.6 a 8.9.

REQUISITOS DE RESISTENCIA Y DE SERVICIO

(RNE-2009), En su reglamento titulado “E.060 Concreto Armado” en el artículo 9.1.1. menciona que las estructuras y los elementos estructurales deberán diseñarse para obtener en todas sus sección resistencias de diseño (ϕR_n) por lo menos iguales a las resistencias requeridas (R_u), calculadas para la cargas y fuerzas amplificadas en las combinaciones que se estipulan en esta Norma. En todas las secciones de los elementos estructurales deberá cumplirse:

$$\phi R_n \geq R_u$$

FLEXION Y CARGA AXIAL

(RNE-2009), En su reglamento titulado “E.060 Concreto Armado” en el artículo 10.1. Alcance, menciona que las disposiciones del capítulo 10 se deben aplicar al diseño de elementos sometidos a esfuerzos originados por la flexión o la carga axial, o la combinación de estas.

(RNE-2009), En su reglamento titulado “E.060 Concreto Armado” en el artículo 10.2.1. Hipótesis de Diseño, el diseño por resistencia de elementos sometidos a flexión y carga axial debe basarse en las hipótesis dadas en 10.2.2. a 10.2.7, y debe satisfacer las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones.

(RNE-2009), En su reglamento titulado “E.060 Concreto Armado” en el artículo 10.2.2. Hipótesis de Diseño, las deformaciones unitarias en el refuerzo y en el concreto deben suponerse directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro, excepto que, para las vigas de gran peralte definida en 10.7.1, debe emplearse un análisis que considere la distribución no lineal de las deformaciones unitarias.



(RNE-2009), En su reglamento titulado “E.060 Concreto Armado” en el artículo 10.3.1. Principios y Requisitos Generales, el diseño de las secciones transversales sometidas a flexión, carga axial, o a la combinación de ambas flexo-compresión debe basarse en el equilibrio y la compatibilidad de deformaciones, utilizando las hipótesis de 10.2.

3.2.9. MATLAB

(Holly Moore 2007) En su texto “MATLAB para Ingenieros” en el art 1.1. ¿Qué es MATLAB?, MATLAB es una de las muchas sofisticadas herramientas de computador disponibles en el comercio para resolver problemas de matemáticas, tales como Maple, Mathemática y MathCad. A pesar de lo que afirman sus defensores, ninguna de ellas es mejor. Todas tienen fortalezas y debilidades. Cada una permitirá efectuar cálculos matemáticos básicos, pero difieren en el modo como manejan los cálculos simbólicos y procesos matemáticos más complicados, como la manipulación de matrices. Por ejemplo, MATLAB es superior en los cálculos que involucran matrices, mientras que Maple lo supera en los cálculos simbólicos. El nombre de MATLAB es una abreviatura de Matrix Laboratory, laboratorio matricial. En un nivel fundamental, se puede pensar que estos programas son sofisticadas calculadoras con base en una computadora. Son capaces de realizar las mismas funciones que una calculadora científica, y mucho más. Si usted tiene computadora incluso para la más simple de sus aplicaciones matemáticas, por ejemplo, para el balance de su chequera. En muchas clases de ingeniería, la realización de cálculos son un programa de computación matemático como MATLAB sustituye la programación de computadora más tradicional. Esto no significa que el lector no deba aprender un lenguaje de alto nivel como C++ o FORTRAN, sino que los programas como MATLAB se han convertido en una herramienta estándar para ingenieros y científicos.

(Holly Moore 2007) En su texto “MATLAB para Ingenieros” en el art 4.1. MANIPULACION de MATRICES. Conforme resuelva problemas más complicados con MATLAB, encontrará que necesitara combinar pequeñas matrices con matrices con matrices más grandes, extraer información de



matrices grandes, crear matrices muy grandes y usar con propiedades especiales.

(Holly Moore 2007) En su texto “MATLAB para Ingenieros” en el art 4.1.1. Definición de matrices. En MATLAB, una matriz se puede definir al escribir una lista de números encerrada entre corchetes. Los números se pueden separar mediante espacios o comas, a discreción del usuario. (incluso puede combinar las dos técnicas en la misma definición de matriz). Las nuevas filas se indican con punto y coma. Por ejemplo.

```
A= [3.5];  
B= [1.5, 3.1];  
C= [-1, 0, 0; 1, 1, 0; 0, 0, 2];
```

(Holly Moore 2007) En su texto “MATLAB para Ingenieros” en el art 5.1. Graficas Bidimensionales, La grafica más útil para los ingenieros es la gráfica x-y. Un conjunto de pares ordenados se usa para identificar puntos sobre una gráfica bidimensional; luego los puntos se conectan con líneas rectas. Los valores de “x” y “y” se pueden medir o calcular. Por lo general, a la variable independiente se le da el nombre “x” y se en el eje “x”, y la variable dependiente recibe el nombre “y” y se grafica en el eje “y”.

Tabla 5.1 Funciones de graficación básicas

| | | |
|---------------|--|--|
| plot | Crea una gráfica x-y | plot(x,y) |
| title | Agrega un título a una gráfica | title('My Graph') |
| xlabel | Agrega una etiqueta al eje x | xlabel('Independent Variable') |
| ylabel | Agrega una etiqueta al eje y | ylabel('Dependent Variable') |
| grid | Agrega una reticula a la gráfica | grid grid on grid off |
| pause | Detiene la ejecución del programa, lo que le permite al usuario ver la gráfica | pause |
| figure | Determina cuál figura se usará para la gráfica actual | figure(2) |
| hold | Congela la gráfica actual, de modo que se puede recubrir una gráfica adicional | hold on hold off |

Fig. 23. Funciones de graficación - Matlab



Tabla 5.2 Opciones de línea, marca y color

| Tipo de línea | Indicador | Tipo de punto | Indicador | Color | Indicador |
|---------------|-----------|---------------------|-----------|----------|-----------|
| sólida | - | punto | . | azul | b |
| punteada | : | círculo | o | verde | g |
| raya-punto | -. | marca x | x | rojo | r |
| rayada | -- | más | + | cian | c |
| | | estrella | * | magenta | m |
| | | cuadrado | s | amarillo | y |
| | | diamante | d | negro | k |
| | | triángulo abajo | v | | |
| | | triángulo arriba | ^ | | |
| | | triángulo izquierda | < | | |
| | | triángulo derecha | > | | |
| | | pentagrama | p | | |
| | | hexagrama | h | | |

Fig. 24. Tipo de marcas para líneas y color - Matlab

Tabla 5.3 Escalamiento de ejes y anotaciones en gráficas

| | |
|--|--|
| axis | Cuando la función axis se usa sin entradas, congela el eje en la configuración actual. Ejecutar la función una segunda vez regresa el control de eje a MATLAB |
| axis(v) | La entrada al comando axis debe ser un vector de cuatro elementos que especifique los valores mínimo y máximo para los ejes x y y, por ejemplo [xmin,xmax,ymin,ymax] |
| legend('string1', 'string 2', etc) | Le permite agregar una leyenda a su gráfica. La leyenda muestra un modelo de la línea y menciona la cadena que especificó |
| text(x_coordinate,y_coordinate, 'string') | Le permite agregar un recuadro de texto a la gráfica. El recuadro se coloca en las coordenadas x y y especificadas y contiene el valor de cadena especificado |

Fig. 25. Escalamiento de ejes y anotaciones - Matlab

(Holly Moore 2007) En su texto “MATLAB para Ingenieros” en el capítulo 08. Funciones Lógicas Y Estructuras De Control, Una forma de pensar los programas de cómputo (no solo MATLAB) es considerar como se organizan los enunciados que componen el programa. Por lo general, las secciones del código de los programas de cómputo se pueden categorizar en una de tres



estructuras: secuencias, estructuras de selección y estructuras de repetición. Hasta el momento, se ha escrito código que contiene secuencias, pero ninguna de las otras:

- Las secuencias son listas de comandos que se ejecutan una después de otra.
- Una estructura de selección permite al programador ejecutar un comando (conjunto de comandos) si algún criterio es verdadero, y un segundo comando o conjunto de comandos si el criterio es falso. Un enunciado de selección proporciona los medios de elegir entre dichas rutas, con base en una condición lógica. Las condiciones que se evalúan con frecuencia contienen operaciones tanto relacionales como lógicas o funciones.
- Una estructura de repetición, o bucle, hace que un grupo de enunciados se ejecute varias veces. El número de veces que se ejecuta un bucle depende de un contador o evaluación de una condición lógica.

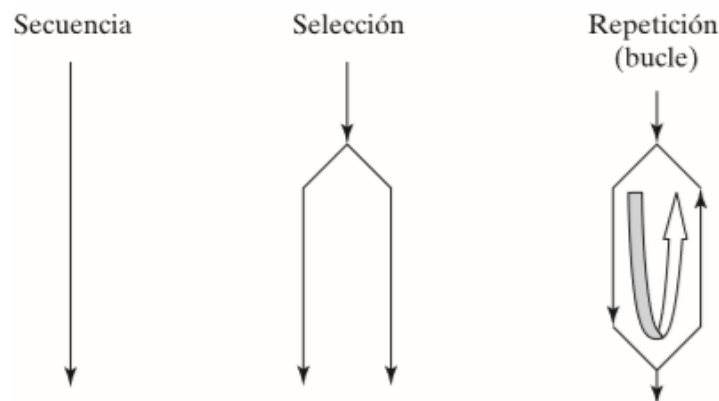


Fig. 26. Tipos de estructuras para códigos

(Holly Moore 2007) En su texto “MATLAB para Ingenieros” en el art 8.1. Operadores Relacionales y Lógicos, Las estructuras de selección y repetición que se usan en MATLAB depende de operaciones relacionales y lógicos. MATLAB tiene seis operadores relacionales para comparar dos matrices de igual tamaño, como se muestra en la tabla.



Tabla 8.1 Operadores relacionales

| Operador relacional | Interpretación |
|---------------------|---------------------|
| < | menor que |
| <= | menor que o igual a |
| > | mayor que |
| >= | mayor que o igual a |
| == | igual a |
| ~= | no igual a |

Tabla 8.2 Operadores lógicos

| Operador lógico | Interpretación |
|-----------------|----------------|
| & | and |
| ~ | not |
| \| | or |
| xor | or exclusiva |

Fig. 26. Operadores de lógicos y relacionales - Matlab

Las comparaciones son verdaderas o falsas, y la mayoría de los programas de cómputo (incluido MATLAB) usa el número 1 para verdadero (true) y el 0 para falso (false). (En realidad, MATLAB toma cualquier numero distinto de cero como verdadero.)

(Holly Moore 2007) En su texto “MATLAB para Ingenieros” en el art 8.2. Diagrama de Flujo y Seudocódigo, Con la adición de las estructuras de selección y las estructuras de repetición a su grupo de herramientas de programación se vuelve todavía más importante planear su programa antes de que comience a codificar. Dos enfoques comunes son: usar diagramas de flujo o usar pseudocódigo. Los diagramas de flujo son un enfoque grafico para crear su plan de codificación, y el pseudocódigo es una descripción verbal de su plan. Tal vez quiera usar alguno o ambos para sus proyectos de programación.

Para programas simples, el pseudocódigo puede ser el mejor enfoque de planeación (o al menos el más simple):



- Resalte un conjunto de enunciados que describan los pasos que tomara para resolver un problema.
- Convierta estos pasos en comentarios en un archivo-m
- Inserte el código MATLAB apropiado en el archivo entre las líneas de comentario.

He aquí un ejemplo realmente simple: suponga que se le pide crear un programa para convertir mph a pies. La salida debe ser una tabla completa con un título y encabezados de columna. He aquí una forma de resaltar los pasos que puede seguir:

- Definir un vector desde mph.
- Convertir mph a pies.
- Combinar los vectores mph y pies/h en una matriz
- Crear un título de tabla
- Crear encabezados de columna
- Desplegar la tabla

Una vez que defina los pasos, póngalos en un archivo-m MATLAB como comentarios:

```
% Definir un vector desde mph.  
%Convertir mph a pies.  
%Combinar los vectores mph y pies/h en una matriz  
%Crear un título de tabla  
%Crear encabezados de columna  
%Desplegar la tabla
```

Ahora puede insertar el código MATLAB apropiado en el archivo-m

```
% Definir un vector desde mph.  
mph=0:10:100;  
%Convertir mph a pies.  
fps=mph*5280/3600;  
%Combinar los vectores mph y pies/h en una matriz
```



```
table=[mph;fps]
%Crear un título de tabla
disp('Tabla de conversión de velocidad')
%Crear encabezados de columna
disp(' mph f/s')
%Desplegar la tabla
fprintf('%8.0f %8.2f \n',table)
```

Si pone algo de tiempo en su planeación, probablemente no necesitara cambiar mucho el pseudocódigo una vez que inicie la programación.

Los diagramas de flujo solos o combinados con pseudocódigo son especialmente apropiados para tareas de programación más complicada. Puede crear un gran cuadro de su programa gráficamente y luego convertir su proyecto a pseudocódigo adecuado para ingresar en el programa gráficamente y luego convertir su proyecto a pseudocódigo adecuado para ingresar en el programa como comentarios. Antes de comenzar a hacer diagramas de flujo, necesitara una introducción a algunos símbolos estándar de los diagramas de flujo.



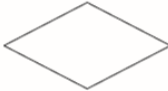

Se mostrará un ejemplo de un diagrama de flujo para el problema mph a pies/s. Para un problema así de simple, probablemente en realidad nunca crearía un diagrama de flujo.

Sin embargo, conforme los problemas se vuelven más complicados, los diagramas de flujo se convierten en una herramienta invaluable que le permite organizar sus pensamientos.

Una vez que cree un diagrama de flujo debe transferir las ideas de líneas de comentario en un archivo-m y luego agregar el código apropiado entre comentarios.



Tabla 8.3 Diagramas de flujo para diseñar programas de cómputo

| | |
|---|---|
|  | El óvalo se usa para indicar el comienzo o final de una sección de código |
|  | El paralelogramo se usa para indicar procesos de entrada o salida |
|  | El diamante indica un punto de decisión |
|  | Los cálculos se colocan en rectángulos |

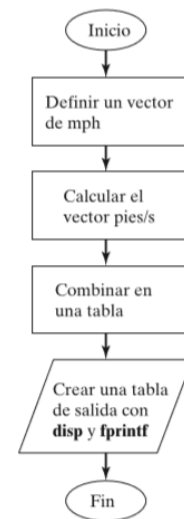


Fig. 28. Simbología de Diagramas de flujo-Matlab

Recuerde: tanto los diagramas de flujo como el pseudocódigo son herramientas que tiene la intención de ayudarle a crear programas de cómputo. También se pueden usar de manera efectiva para ilustrar la estructura de un programa a los no programadores, dado que enfatizan la progresión lógica de ideas sobre los detalles de programación.

(Holly Moore 2007) En su texto "MATLAB para Ingenieros" en el capítulo 08, El siguiente resumen MATALAB menciona y describe brevemente todos los caracteres, comandos y funciones especiales que se definieron en este capítulo:

| Caracteres especiales | |
|-----------------------|---------------------|
| < | menor que |
| <= | menor que o igual a |
| > | mayor que |
| >= | mayor que o igual a |
| == | igual a |
| ~= | no igual a |
| & | and |
| \| | or |
| ~ | not |



| Comandos y funciones | |
|----------------------|--|
| all | verifica si un criterio se satisface por todos los elementos de un arreglo |
| any | verifica si un criterio se satisface por alguno de los elementos en el arreglo |
| break | provoca que la ejecución de un bucle se termine |
| case | ordena las respuestas |
| clock | determina el tiempo actual en el reloj del CPU |
| continue | termina el paso actual a través de un bucle, pero procede al siguiente paso |
| else | define la ruta si el resultado de un enunciado if es falso |
| elseif | define la ruta si el resultado de un enunciado if es falso y especifica una nueva prueba lógica |
| end | identifica el final de una estructura de control |
| etime | encuentra el tiempo transcurrido |
| find | determina cuáles elementos en una matriz satisfacen el criterio de entrada |
| for | genera una estructura bucle |
| if | verifica una condición que resulta en verdadero o en falso |
| menu | crea un menú para usar como vehículo de entrada |
| ones | crea una matriz de unos |
| otherwise | parte de la estructura de selección de caso |
| switch | parte de la estructura de selección de caso |
| tic | inicia una secuencia de cronometrado |
| toc | detiene una secuencia de cronometrado |
| while | genera una estructura bucle |

Fig. 29. Funciones principales - Matlab

(Holly Moore 2007) En su texto “MATLAB para Ingenieros” en el Capítulo 09. Algebra Matricial, Con frecuencia, los términos arreglo y matriz se usan de manera intercambiable en ingeniería. Sin embargo, técnicamente, un arreglo es un agrupamiento ordenado de información, mientras que una matriz es un arreglo numérico bidimensional que se usa en el álgebra lineal. Los arreglos pueden contener información, pero también pueden contener datos carácter, datos simbólicos, etc. Por tanto, no todos los arreglos son matrices. Solo aquellos sobre los que se tenga la intención de realizar transformaciones lineales satisfagan la definición estricta de una matriz.

El álgebra matricial se usa de manera extensa en aplicaciones de ingeniería. Las matemáticas del algebra matricial se introducen por primera vez en los cursos de algebra universitaria y se extiende en cursos de algebra lineal y cursos de ecuación es diferenciales. Los estudiantes comienzan a usar regularmente el álgebra matricial en clases de estática y dinámica.

(Holly Moore 2007) En su texto “MATLAB para Ingenieros” en el Capítulo 09, El siguiente resumen MATLAB menciona y describe brevemente todos los caracteres, comandos y funciones especiales que se definieron en este capítulo:



Caracteres especiales

| | |
|---|-------------------------------|
| ' | indica una matriz transpuesta |
| * | multiplicación matricial |
| \ | división izquierda matricial |
| ^ | exponenciación matricial |

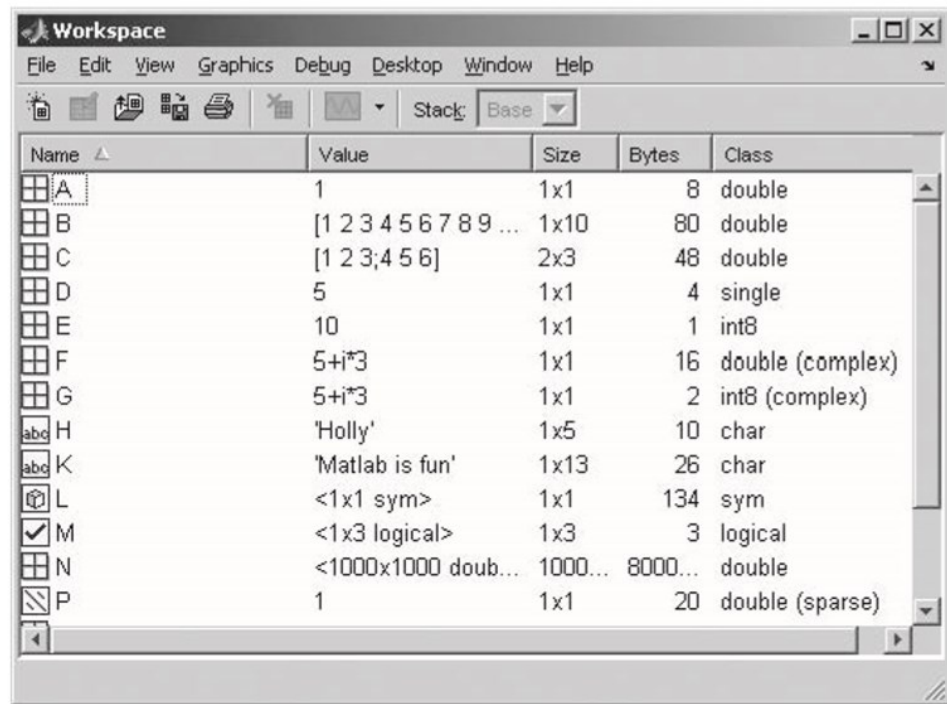
Comandos y funciones

| | |
|----------------|---|
| cross | calcula el producto cruz |
| det | calcula el determinante de una matriz |
| dot | calcula el producto punto |
| eye | genera una matriz identidad |
| gallery | contiene matrices muestra |
| inv | calcula el inverso de una matriz |
| magic | crea una matriz “mágica” |
| ones | crea una matriz que contiene todos unos |
| pascal | crea una matriz Pascal |
| size | determina el número de filas y columnas en una matriz |
| zeros | crea una matriz que contiene todos ceros |

Fig. 30. Funciones principales - Matlab

(Holly Moore 2007) En su texto “MATLAB para Ingenieros” en el Capítulo 10. Otros Tipos De Arreglos y artículo 10.1. Tipos de Datos, El tipo de datos (también llamado clase) principal en MATLAB es el arreglo o matriz. Dentro del arreglo, MATLAB soporta algunos tipos diferentes de datos secundarios. Dado que MATLAB se escribió C, muchos de esos tipos de datos son paralelos a los tipos de datos soportados por C. En general, todos los datos dentro de un arreglo deben ser del mismo tipo. Sin embargo, MATLAB también incluye funciones para convertir entre tipos de datos y tipos de arreglos, para almacenar diferentes tipos de datos en el mismo arreglo (arreglos celda y estructura).

Los tipos de datos que se pueden almacenar en MATLAB se mencionan en la figura siguiente. Ellos incluyen los tipos: datos numéricos, datos carácter, datos lógicos y datos simbólicos. Cada uno de estos tipos se puede almacenar en arreglos específicamente diseñados para dicho tipo de datos o en arreglos que pueden almacenar una variedad de datos. Los arreglos celda y estructura caen en esta categoría.

| Name | Value | Size | Bytes | Class |
|------|-------------------------|---------|---------|------------------|
| A | 1 | 1x1 | 8 | double |
| B | [1 2 3 4 5 6 7 8 9 ...] | 1x10 | 80 | double |
| C | [1 2 3; 4 5 6] | 2x3 | 48 | double |
| D | 5 | 1x1 | 4 | single |
| E | 10 | 1x1 | 1 | int8 |
| F | 5+i*3 | 1x1 | 16 | double (complex) |
| G | 5+i*3 | 1x1 | 2 | int8 (complex) |
| H | 'Holly' | 1x5 | 10 | char |
| K | 'Matlab is fun' | 1x13 | 26 | char |
| L | <1x1 sym> | 1x1 | 134 | sym |
| M | <1x3 logical> | 1x3 | 3 | logical |
| N | <1000x1000 doub...> | 1000... | 8000... | double |
| P | 1 | 1x1 | 20 | double (sparse) |

Fig. 31. Tipo de datos - Matlab

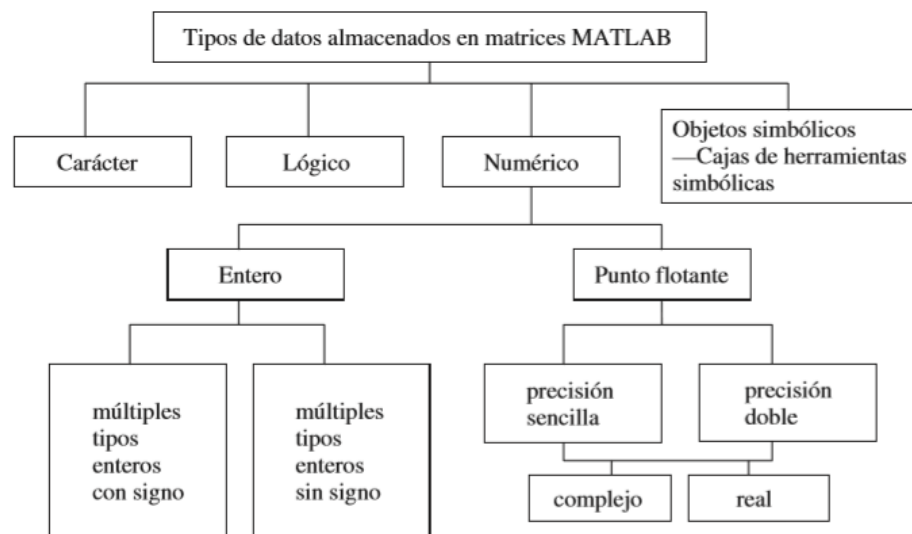
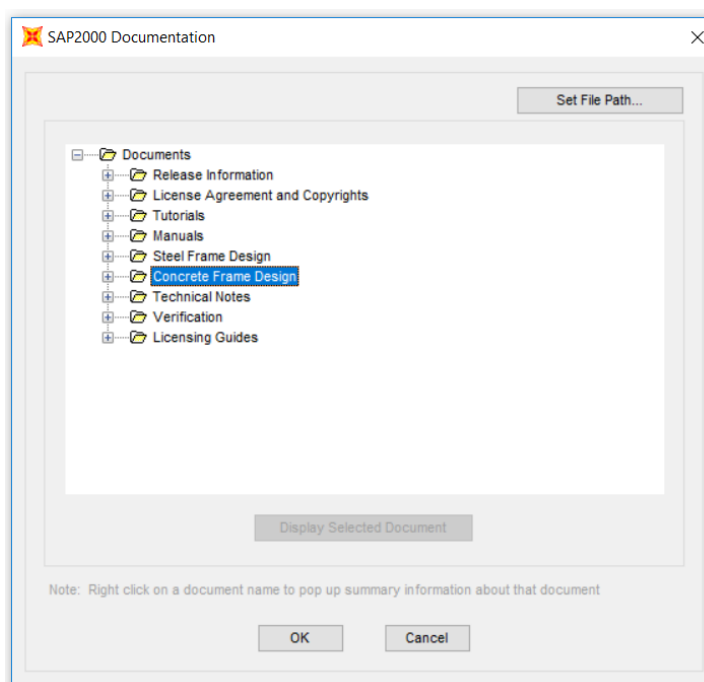
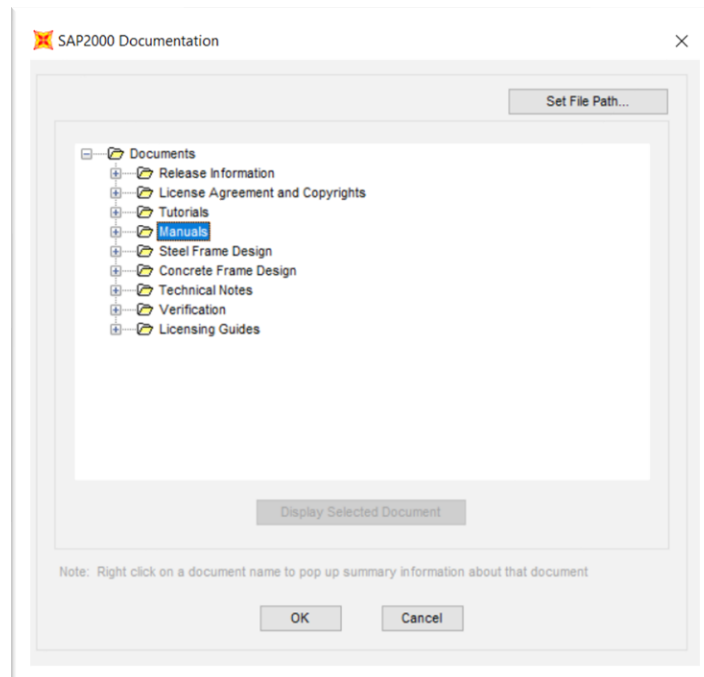


Fig. 32. Organigrama de tipo de datos – Matlab



3.2.10. ENTORNO SOBRE EL SOFTWARE SAP2000 V.20

(Computers & Structures, Inc – CSI) Según la pestaña Help se puede descargar el manual y las fórmulas de diseño que maneja el programa, observe las siguientes imágenes.



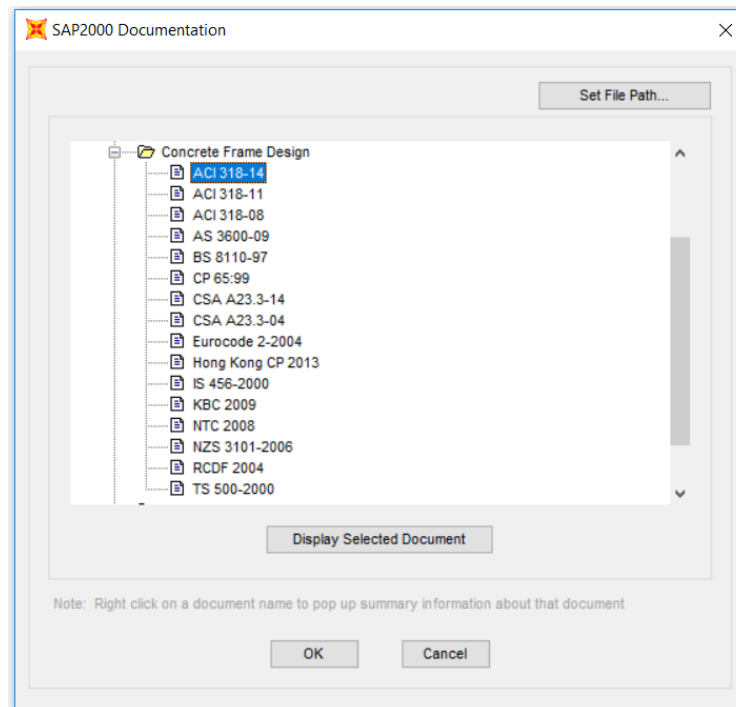


Fig. 33. Código de diseño que maneja el SAP2000

Podemos observar el manual en el cual el SAP2000 realiza sus diseños según el ACI318-14.

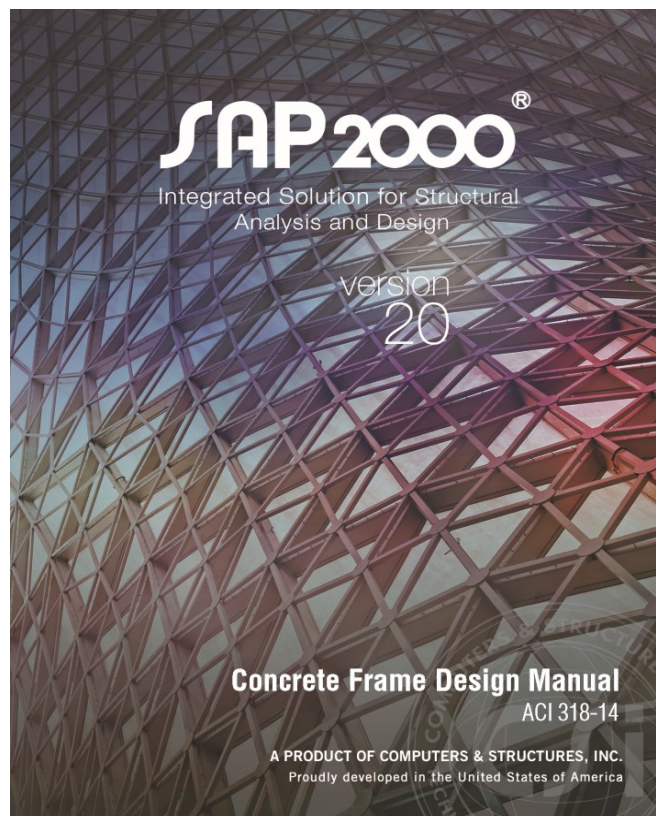


Fig. 34. Portada del manual de diseño que maneja el SAP2000

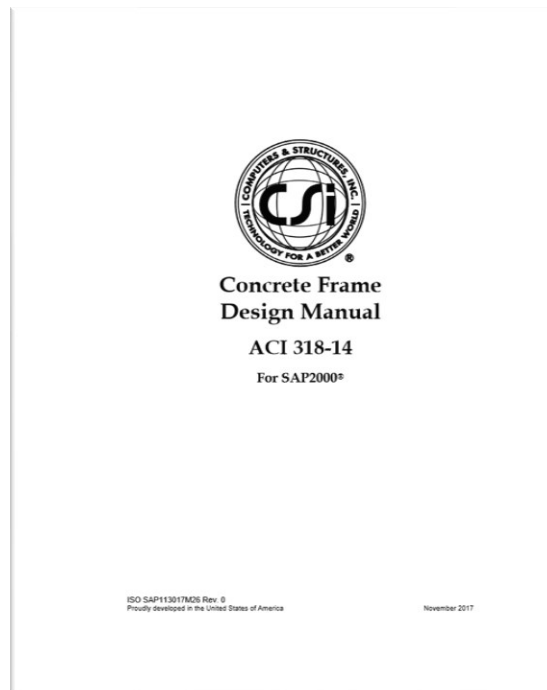


Fig. 35. Manual de diseño que maneja el SAP2000

Podemos observar en los contenidos del manual no considera el modelo puntal tensor para realizar el diseño adecuado en regiones D.

| Contents | | |
|------------------|-------------------------------|-----|
| Chapter 1 | Introduction | |
| 1.1 | Organization | 1-2 |
| 1.2 | Recommended Reading/Practice | 1-3 |
| Chapter 2 | Design Prerequisites | |
| 2.1 | Design Load Combinations | 2-1 |
| 2.2 | Seismic Load Effects | 2-3 |
| 2.3 | Design and Check Stations | 2-3 |
| 2.4 | Identifying Beams and Columns | 2-4 |
| 2.5 | Design of Beams | 2-4 |
| 2.6 | Design of Columns | 2-5 |
| 2.7 | Design of Joints | 2-6 |
| | | i |



| Concrete Frame Design ACI 318-14 | | |
|--|--|------|
| 2.8 | P-Delta Effects | 2-6 |
| 2.9 | Element Unsupported Length | 2-7 |
| 2.10 | Choice of Input Units | 2-7 |
| Chapter 3 Design Process | | |
| 3.1 | Notation | 3-1 |
| 3.2 | Design Load Combinations | 3-4 |
| 3.3 | Limits on Material Strength | 3-6 |
| 3.4 | Column Design | 3-6 |
| 3.4.1 | Generation of Biaxial Interaction Surface | 3-7 |
| 3.4.2 | Calculate Column Capacity Ratio | 3-12 |
| 3.4.3 | Required Reinforcing Area | 3-16 |
| 3.4.4 | Design Column Shear Reinforcement | 3-17 |
| 3.5 | Beam Design | 3-28 |
| 3.5.1 | Design Beam Flexural Reinforcement | 3-28 |
| 3.5.2 | Design Beam Shear Reinforcement | 3-37 |
| 3.5.3 | Design Beam Torsion Reinforcement | 3-42 |
| 3.6 | Joint Design | 3-47 |
| 3.6.1 | Determine the Panel Zone Shear Force | 3-47 |
| 3.6.2 | Determine the Effective Area of Joint | 3-50 |
| 3.6.3 | Check Panel Zone Shear Stress | 3-50 |
| 3.6.4 | Beam-Column Flexural Capacity Ratios | 3-51 |
| 3.7 | Summary of Special Considerations for Seismic Design | 3-53 |
| Appendix A Second Order P-Delta Effects | | |

ii

Fig. 36. Índice del manual de diseño – SAP2000

Revisamos el capítulo 3.5. Beam Design (Diseño de vigas)

| Concrete Frame Design ACI 318-14 | |
|---|---|
| ments to satisfy spacing considerations or transverse reinforcement volumetric considerations must be investigated independently of the program by the user. | |
| 3.5 | Beam Design |
| In the design of concrete beams, the program calculates and reports the required areas of steel for flexure and shear based on the beam moments, shear forces, torsions, design load combination factors, and other criteria described in the text that follows. The reinforcement requirements are calculated at a user-defined number of check/design stations along the beam span. | |
| All beams are designed for major direction flexure, shear and torsion only. Effects resulting from any axial forces and minor direction bending that may exist in the beams must be investigated independently by the user. | |
| The beam design procedure involves the following steps: | |
| <ul style="list-style-type: none">▪ Design flexural reinforcement▪ Design shear reinforcement▪ Design torsion reinforcement | |
| 3.5.1 | Design Beam Flexural Reinforcement |
| The beam top and bottom flexural steel is designed at check/design stations along the beam span. The following steps are involved in designing the flexural reinforcement for the major moment for a particular beam for a particular section: | |
| <ul style="list-style-type: none">▪ Determine the maximum factored moments▪ Determine the reinforcing steel | |
| 3.5.1.1 | Determine Factored Moments |
| In the design of flexural reinforcement of Special, Intermediate, or Ordinary Moment concrete frame beams, the factored moments for each design load combination at a particular beam section are obtained by factoring the | |
| 3 - 28 | Beam Design |



Chapter 3 - Design Process

corresponding moments for different load cases with the corresponding design load combination factors.

The beam section is then designed for the factored moments obtained from all of the design load combinations. Positive moments produce bottom steel. In such cases, the beam may be designed as a Rectangular or a T-Beam. Negative moments produce top steel. In such cases, the beam is always designed as a rectangular section.

3.5.1.2 Determine Required Flexural Reinforcement

In the flexural reinforcement design process, the program calculates both the tension and compression reinforcement. Compression reinforcement is added when the applied design moment exceeds the maximum moment capacity of a singly reinforced section. The user has the option of avoiding the compression reinforcement by increasing the effective depth, the width, or the grade of concrete.

The design procedure is based on the simplified rectangular stress block, as shown in Figure 3-7 (ACI 22.2). Furthermore, it is assumed that the net tensile strain of the reinforcing steel shall not be less than 0.005 (tension controlled) (ACI 9.3.3). When the applied moment exceeds the moment capacity at this design condition, the area of compression reinforcement is calculated on the assumption that the additional moment will be carried by compression and additional tension reinforcement.

The design procedure used by the program for both rectangular and flanged sections (T-Beams) is summarized in the following subsections. It is assumed that the design ultimate axial force does not exceed $\phi(0.1f_cA_g)$ (ACI 9.3.3, 9.5.2.1); hence, all of the beams are designed ignoring axial force.

3.5.1.2.1 Design for Rectangular Beam

In designing for a factored negative or positive moment, M_u (i.e., designing top or bottom steel), the depth of the compression block is given by a (see Figure 3-7), where,

Beam Design 3 - 29

Concrete Frame Design ACI 318-14

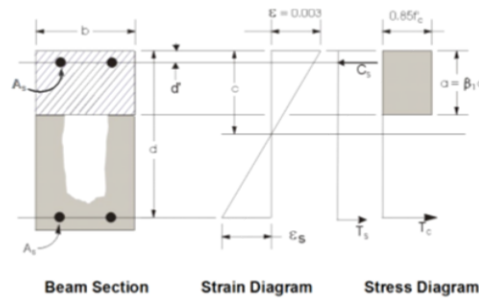


Figure 3-7 Rectangular beam design

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2|M_u|}{0.85f_c\phi b}}, \quad (ACI 22.2)$$

where, the value ϕ is taken as that for a tension controlled section, which is 0.90 by default (ACI 21.2.1, 21.2.2, Table 21.2.1, Table 21.2.2) in the preceding and the following equations.

The maximum depth of the compression zone, c_{max} , is calculated based on the limitation that the tensile steel tension shall not be less than $\epsilon_{s,min}$, which is equal to 0.005 for tension controlled behavior (ACI 9.3.3.1, 21.2.2, Fig R21.2.2b):

$$c_{max} = \frac{\epsilon_{s,min}}{\epsilon_{c,max} + \epsilon_{s,min}} d \quad \text{where,} \quad (ACI 22.2.1.2)$$

$$\epsilon_{c,max} = 0.003 \quad (ACI 21.2.2, Fig R21.2)$$

$$\epsilon_{s,min} = 0.005 \quad (ACI 21.2.2, Fig R21.2.2b)$$

3 - 30 Beam Design



Chapter 3 - Design Process

Please note that the code allows the user to set $\epsilon_{s,max}$ to be equal to 0.004 (ACI 9.3.3.1) for beams. This allows a larger depth of the compression block. However, it is associated with a reduced value of ϕ factor (ACI 21.2.2, Table 21.2.2). For simplicity, the program enforces $\epsilon_{s,max}=0.005$.

The maximum allowable depth of the rectangular compression block, a_{max} , is given by

$$a_{max} = \beta_1 c_{max} \quad (ACI 22.2.2.4.1)$$

where β_1 is calculated as follows:

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 4000}{1000} \right), \quad 0.65 \leq \beta_1 \leq 0.85 \quad (ACI 22.2.2.4.3)$$

- If $a \leq a_{max}$ (ACI 9.3.3.1, 21.2.2), the area of tensile steel reinforcement is then given by:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)}$$

This steel is to be placed at the bottom if M_u is positive, or at the top if M_u is negative.

- If $a > a_{max}$, compression reinforcement is required (ACI 9.3.3.1, 21.2.2, Fig 21.2.26, 22.2.2.4.1) and is calculated as follows:

The compressive force developed in concrete alone is given by:

$$C = 0.85 f'_c b a_{max}, \quad (ACI 22.2.2.4.1)$$

the moment resisted by concrete compression and tensile steel is:

$$M_{uc} = C \left(d - \frac{a_{max}}{2} \right) \phi.$$

Therefore, the moment resisted by compression steel and tensile steel is:

$$M_{us} = M_u - M_{uc}.$$

Beam Design 3 - 31

Concrete Frame Design ACI 318-14

So the required compression steel is given by:

$$A'_c = \frac{M_{uc}}{(f'_c - 0.85 f'_c)(d - d')\phi}, \text{ where}$$

$$f'_c = E_s \epsilon_{s,max} \left[\frac{c_{max} - d'}{c_{max}} \right] \leq f_y. \quad (ACI 9.2.1.2, 9.5.2.1, 20.2.2, 22.2.1.2)$$

The required tensile steel for balancing the compression in concrete is

$$A_{s1} = \frac{M_{uc}}{f_y \left[d - \frac{a_{max}}{2} \right] \phi}, \text{ and}$$

the tensile steel for balancing the compression in steel is given by

$$A_{s2} = \frac{M_{us}}{f_y (d - d')\phi}.$$

Therefore, the total tensile reinforcement is $A_s = A_{s1} + A_{s2}$, and the total compression reinforcement is A'_c . A_s is to be placed at the bottom and A'_c is to be placed at the top if M_u is positive, and A'_c is to be placed at the bottom and A_s is to be placed at the top if M_u is negative.

3.5.1.2.2 Design for T-Beam
In designing a T-beam, a simplified stress block, as shown in Figure 3-8, is assumed if the flange is under compression, i.e., if the moment is positive. If the moment is negative, the flange comes under tension, and the flange is ignored. In that case, a simplified stress block similar to that shown in Figure 3-8 is assumed in the compression side (ACI 22.2).

3 - 32 Beam Design

Fig. 37. Fórmulas para el diseño de vigas – SAP2000

Cabe resaltar que la misma base de datos contiene los otros paquetes del CSI.



3.2.11. RESUMEN DE MARCO TEORICO

El siguiente cuadro resume las teorías señaladas anteriormente.

Tabla 02: Resumen de Conceptos

| AUTOR | TITULO DE LA FUENTE | ELEMENTO O CONCEPTO APORTADO A LA INVESTIGACION |
|------------------------------|--|---|
| Donald R. Askeland 2004 | Mecánica de Materiales | Definir y entender el comportamiento Lineal y No Lineal en los materiales. |
| R.C. Hibbeler 1997 | Mecánica de Materiales | Definir la curva Esfuerzo – Deformación Unitaria y así entender hasta que zona se cumple la proporcionalidad del esfuerzo y deformación ($\sigma = E\varepsilon$), observando las distintas etapas que sufre el material frente al incremento de carga. Zona elástica y Plástica. |
| Egor P. Popov 2000 | Mecanica de Materiales | Definir y entender el principio de Saint - Venant y la concentración de esfuerzos por efectos de cargas puntuales o cambios bruscos de sección. También observar el comportamiento no lineal que sufre el material en su zona perturbada. |
| Roberto Aguilar Falconi 2004 | Análisis Matricial de Estructuras | Definir el procedimiento para la solución de armaduras planas bajo el método de los desplazamientos o rigideces. |
| F.R. Shanley 1967 | Mecánica de Materiales | Definir y entender la teoría de flexión, el concepto en el cual se dice que las “Secciones Planas permanecen Planas”. |
| ACI318-19 | Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural | Definir la normativa para el diseño en zonas perturbadas o Región de Discontinuidad (discontinuidad por geometría o carga). |



| | | |
|-------------------------------------|--------------------------|---|
| RNE 2009 | E.060 - Concreto Armado | <p>Analizar lo expuesto en las Hipótesis Principales de diseño dadas para flexión y carga axial, lo cual exige en el cual exige el cumplimiento de las deformaciones en el refuerzo y en el concreto deben ser directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro (se cumplirá en la zona lineal elástica $f_s = E \varepsilon_s$), entonces para que pueda cumplirse tal proporcionalidad se deberá dar que "Las secciones planas permanecen planas", también se identifica la recomendación de la norma para el caso de una viga de gran altura por su comportamiento no lineal.</p> |
| Holly More 2007 | Matlab para Ingenieros | <p>Conocer el manejo del programa Matlab como herramienta de programación, entendiendo las distintas funciones que presenta el Matlab, forma de graficar, tipo de datos, etc. También discernir cual será nuestro método para poder armar nuestros algoritmos (seudocódigo o diagramas de flujo).</p> |
| (Computers & Structures, Inc – CSI) | Documentación del Manual | <p>Observar y poder distinguir que en la data que manejan el CSI no se incluye el modelo puntal tensor, el cual es un método adecuado para el diseño de zonas perturbadas. También poder notar las formulaciones que tienen su base en la hipótesis principal de diseño para flexión y carga axial, el cual exige que la deformaciones en el refuerzo y concreto</p> |



| | | |
|--|--|---|
| | | deben ser directamente proporcionales a la distancia desde el eje neutro. |
|--|--|---|

3.3. MARCO CONCEPTUAL

La definición de cada termino se hizo en base a los autores anteriormente señalados en el marco teórico:

- **ALGORITMO**

Es el procedimiento lógico que se elabora, para realizar actividades y a su vez solucionar un problema.

- **DEFORMACION UNITARIA**

Según la teoría elástica es la relación entre la deformación que sufre un cuerpo y su longitud inicial.

- **DIAGRAMA DE FLUJO**

Es un método o forma de elaborar nuestro algoritmo computacional, graficando figuras geométricas estipuladas y así crear los enlaces lógicos de las tareas o actividades que realizara nuestra programación de manera más visual, una vez bien estructurado se iniciara a programar en el lenguaje deseado. Para esquemas o estructuras complejas se recomienda optar por este método.

- **DISCONTINUIDAD**

Se conoce a toda zona o región donde no cumple el comportamiento lineal, esto se advierte y se detalla con el Principio de Saint-Venant. Existen dos formas de discontinuidad, sea geométrica (por cambio de sección) o por carga (Cargas localizadas o puntuales)

- **ELASTICO**



Es el comportamiento que tiene el material al ser sometido a una carga, sufriendo una deformación, finalmente al ser retirada la carga esta recupera su longitud inicial.

- **ESFUERZO**

Según la teoría elástica es la cantidad de fuerza que se aplica en una porción de área.

- **LINEAL**

Es la relación lineal que tiene el esfuerzo y deformación unitaria de un material o sino es aquel material con un módulo de elasticidad constante.

Es el comportamiento que tiene el material al ser sometido a una carga, sufriendo una deformación proporcional, finalmente al ser retirada esta recupera su longitud inicial.

- **MATLAB**

Programa ideal para el trabajo en ingeniería civil, ya que por su predisposición al manejo de matrices. Abreviatura del programa Laboratory Matrix (Laboratorio de Matrices).

- **NO LINEAL**

Es la relación no lineal (curvo) que tiene el esfuerzo y deformación unitaria de un material o sino es aquel material con un módulo de elasticidad variable. En materiales como elastómeros presentan un comportamiento No Lineal.

- **NODO**

Elemento del modelo puntal-tensor, el cual resulta de la intersección del eje del puntal y el tensor.

- **PLASTICO**

Es el comportamiento que tiene el material al ser sometido a una carga, sufriendo una deformación, finalmente al ser retirada la carga, esta no recupera su longitud inicial (deformaciones permanentes).



- **PROGRAMA**

Es la estructura del algoritmo escrita en un lenguaje de programación, sistematizando el cumplimiento de las actividades o tareas que contiene la programación.

- **PUNTAL**

Elemento del modelo puntal tensor, el cual siempre trabaja o está sometido a compresión a lo largo de su eje, siendo del tipo puntal prismático de sección constante o variable, y también puntales forma de botella.

- **REGION D**

Es la forma de nombrar del reglamento del ACI318-19 a las discontinuadas o sea geométrica o por carga.

- **SEUDOCODIGO**

Es un método o forma de elaborar nuestro algoritmo computacional, escribiendo nuestras tareas o actividades en la ventana de trabajo del programa, debiendo presentarlos como comentario, en caso del Matlab estos serán digitados en el Workspace donde toda actividad sera representada como comentario teniendo que iniciar con el símbolo porcentaje (%), ya que el programa lo entiende a cualquier escrito como un comentario si viene después del símbolo mencionado (El programa al entender como comentario no realizara evaluación del código). Para esquemas o estructuras simples se recomienda optar por este método.

- **TENSOR**

Elemento del modelo puntal tensor, el cual siempre trabaja o está sometido a tracción a lo largo de su eje.

- **ZONA NODAL**

Elemento del modelo puntal tensor, el cual es la región o área confinada por los puntales y tensores presentes en un nodo. Dividiéndose en Zona Nodal propiamente dicha y Zona Nodal Extendida.



CAPITULO IV:

METODOLOGIA DE INVESTIGACION

4.1. TIPO DE INVESTIGACION

- Tipo: Aplicada

Esta investigación busca resolver y mejorar un problema específico.

4.2. DISEÑO DE INVESTIGACION

- No experimental

La presente investigación es no experimental porque se realiza sin manipular deliberadamente las variables.

4.3. POBLACION Y MUESTRA

4.3.1. POBLACION

- Regiones Bidimensionales de Discontinuidad (Geométrica o por Carga).



4.3.2. MUESTRA

- Región D por aplicación de carga puntual en una viga de gran altura.
- Región D por aplicación de carga puntual y cambio de sección en una ménsula.
- Región D por abertura en muro estructural.

4.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

- Análisis documental de materiales textuales.
- Uso de softwares de análisis estructural y programación.



CAPITULO V:

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

5.1. PROCEDIMIENTO GENERAL SEGÚN EL CODIGO ACI318-19

Según R23.2.1 menciona el proceso de diseño por el método puntal y tensor para soportar las fuerzas impuestas que actúan sobre y dentro de una región D se conoce como el método de puntal y tensor, e incluye los siguientes cuatro pasos:

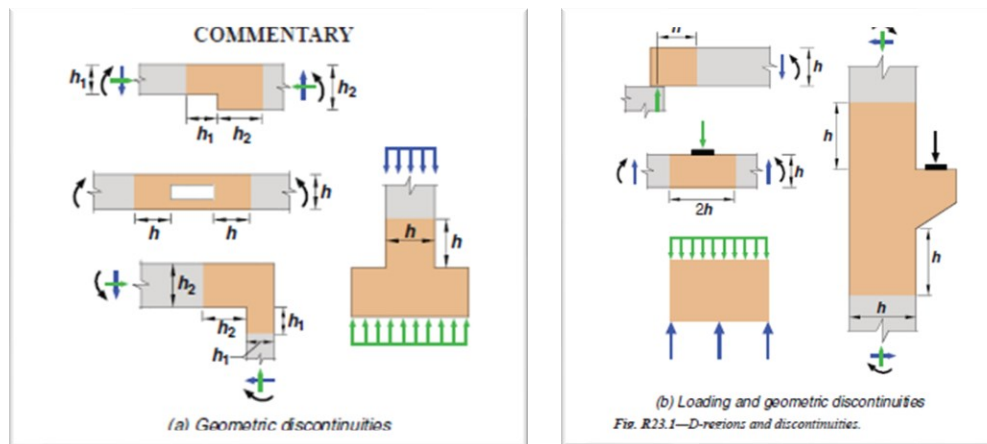
1. Defina y aísla cada región D.
2. Calcule las fuerzas resultantes en el contorno de la región D.
3. Seleccione el método y calcule las fuerzas en los puntales y tensores.



4. Diseñe los puntales, los tensores y zonas nodales para que el refuerzo debe estar anclado en o más allá de las zonas nodales.

5.2. PROCEDIMIENTO GENERAL PROPUESTO

5.2.1. DEFINIMOS LAS ZONAS PERTURBADAS O REGIONES D.



5.2.2. DEFINIMOS EL FLUJO DE TENSIONES INTERNAS.

Existen diversos softwares que realizan y muestran el análisis tensional (campos tensionales), el cual nos puede apoyar con la visualización de zonas en tracción y compresión.

5.2.3. DEFINIMOS EL MODELO PUNTAL - TENSOR.

Según norma se deberá cumplir:

- **Art.23.1.2 / ACI318-19.** Cualquier miembro estructural de concreto, o región de discontinuidad en un miembro, se le permitirá ser diseñado modelando el miembro o región como una armadura idealizada de acuerdo a este capítulo.
- **R.23.2.1. / ACI318-19.** Para la armadura idealizada los puntales son los miembros a compresión, los tensores son los miembros a tensión, y los nodos son las articulaciones. También se menciona en el 3° paso para el diseño con el método puntal y tensor que los ejes de los puntales y tensores se eligen para que



aproximadamente coincide con los ejes a compresión y tracción respectivamente en el campo de tensiones internas.

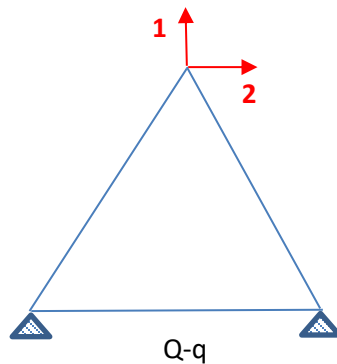
- **Art.23.2.7 / ACI318-19.** El ángulo entre los ejes de cualquier puntal y cualquier tensor que llegan a un mismo nodo debe ser al menos 25° (Lo cual significa una relación practica de $H: V = 2:1$)

5.2.4. CALCULAMOS LAS FUERZAS EN CADA BARRA DE LA CERCHA TEÓRICA.

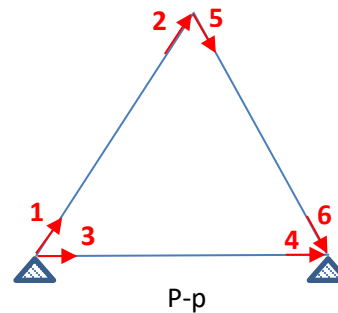
Gados de Libertad Local para Armaduras



a. Definimos las Coordenadas Generalizadas y Locales



Coordenadas Globales:
“Q”- Cargas Generalizadas
“q” – Desplaz. Generalizados



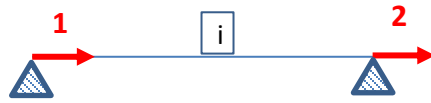
Coordenadas Locales:
“P”- Cargas Locales
“p” – Desplaz. Locales

b. Determinación de la Matriz “A”

| | | | Grado de Libertar Global | | | | |
|----|---------|---|--------------------------|---|---|------|--|
| | | | 1 | 2 | 3 | .... |  |
| A= | Barra 1 | 1 | | | | | |
| | | 2 | | | | | |
| | Barra 2 | 3 | | | | | |
| | | 4 | | | | | |
| | : | : | | | | | |
| | | : | | | | | |



- c. Definimos la Matriz de Rigidez de cada Elemento y de la Estructura



$$k_i = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & -\frac{EA}{L} \\ -\frac{EA}{L} & \frac{EA}{L} \end{bmatrix}$$

$$K = \sum A_i^T k_i A_i$$

“ k_i ”: Matriz de Rigidez de cada Barra “ i ”
“ K ”: Matriz de Rigidez de la Armadura

- d. Definimos el Vector de Cargas Generalizadas “ Q ”

$$Q = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ \vdots \end{bmatrix}$$

- e. Determinamos el Vector de Desplazamiento Generalizada “ q ”

$$Q = Kq \rightarrow q = K^{-1}Q$$

- f. Determinamos las Deformaciones en cada Elemento “ p ”.

$$p = Aq$$

“ p ” – Deformación en cada elemento.

“ A ” – Matriz de Transformación.

“ q ” – Deformación en coordenadas globales o generalizadas.

- g. Interpretación Grafica de Resultados





Tabla 03: Interpretación de Resultados del Análisis en la Cercha

| EFEECTO | F1 | F2 | COLOR |
|------------|--------------|--------------|-------|
| Compresión | Positivo (+) | Negativo (-) | Azul |
| Tracción | Negativo (-) | Positivo (+) | Rojo |

NOTA: “VALOR DEL FACTOR Bc”

Para los siguientes pasos se tendrá en consideración los siguientes criterios.

Según la tabla 23.4.3. (b) – Factor de Modificación de Confinamiento de Puntal y Nodo “Bc”.

Tabla 04: Factor de Modificación de Confinamiento de Puntal y Nodo Bc

| UBICACIÓN | β_c | | |
|--|-----------|--|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> • Fin de un puntal conectado a un nodo que incluye una superficie de apoyo • Nodo que incluye una superficie de apoyo | Menor de | $\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$, donde A1 se define por la superficie de apoyo | (a) |
| | | 2.00 | (b) |
| Otros casos | | 1.00 | (c) |

Con el objetivo de realizar un diseño conservador, no se considerará el aumento de resistencia a la compresión asociada con el confinamiento que el utilizado para las áreas de apoyo según R.23.4.3, 22.8.3 y la figura R22.8.3.2, el criterio a manejar para los siguientes pasos será:

Para el valor de “Bc” se dispone de tres opciones:

- $\beta_c = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} > 1$ (segun 22.8.3 y tabla 23.4.3 (b))
- $\beta_c = 2$ (segun 22.4.3 (b))



- $\beta_c = 1$ (segun 22.4.3 (b))

La tercera opción es el que nos dará un valor más conservador, lo cual significa que para los cálculos en adelante se tendrá $\beta_c = 1$

5.2.5. CONTROL DE NODOS.

Sabemos que:

Según la ecuación 23.9.1:

$$F_{nn} = f_{ce} A_{nz}$$

Según la ecuación 23.9.2:

$$f_{ce} = 0.85 \beta_c \beta_n f'_c$$

Como $\beta_c = 1$, entonces:

$$f_{ce} = 0.85 \beta_n f'_c$$

Donde según la tabla 23.9.2- coeficiente de zona Nodal “Bn”:

Tabla 05: Factor de Modificación por Zona Nodal Bn

| CONFIGURACIÓN DE ZONA NODAL | Bn | |
|--|------|-----|
| Zona nodal limitada por puntales, áreas de apoyo o ambos | 1.00 | (a) |
| Zona nodal que ancla un tensor | 0.80 | (b) |
| Zona nodal que ancla dos o más tensores | 0.60 | (c) |



Tabla 06: Resumen de Factores de Modificación por Zona Nodal Bn

| Bn | TIPO DE NODO |
|------|--------------|
| 1.00 | CCC |
| 0.80 | CCT |
| 0.60 | CTT |

Como: $\phi F_{nn} \geq F_u$

Entonces:

$$\phi f_{ce} A_{nz} \geq F_u \rightarrow A_{nz} \geq \frac{F_u}{\phi f_{ce}} \rightarrow w_n \geq \frac{F_u}{\phi f_{ce} b}$$

5.2.6. CONTROL DE PUNTALES.

Sabemos que:

Según la ecuación 23.4.1a:

$$F_{ns} = f_{ce} A_{cs}$$

Según la ecuación 23.4.3:

$$f_{ce} = 0.85 \beta_c \beta_s f'_c$$

Según la ecuación R23.8.1:

$$w_t = \frac{F_{nt}}{f_{ce} b} \rightarrow w_t = \frac{\phi F_{nt}}{\phi f_{ce} b} \rightarrow w_t = \frac{F_u}{\phi f_{ce} b}, f_{ce} = 0.85 \beta_c \beta_s f'_c$$

Donde según la tabla 23.4.3(a)- Coeficiente de Puntal “Bs”:



Tabla 07: Factores de Modificación para el Puntal Bs

| UBICACIÓN DEL PUNTAL | TIPO DE PUNTAL | CRITERIOS | β_s | |
|--|----------------------|---|-----------|-----|
| Puntales en elementos sometidos a tracción o en zonas de tracción de elementos | Ninguna | Todos los casos | 0.40 | (a) |
| Todos los otros casos | Puntales de contorno | Todos los casos | 1.00 | (b) |
| | Puntales interiores | Refuerzo que satisface (a) o (b) de la tabla 23.5.1 | 0.75 | (c) |
| | | Ubicado en regiones que satisfacen 23.4.4 | 0.75 | (d) |
| | | Articulaciones Columna-Viga | 0.75 | (e) |
| | | Todos los otros casos | 0.40 | (f) |

Como: $\phi F_{ns} \geq F_u$

Entonces:

$$\phi f_{ce} A_{cs} \geq F_u \rightarrow A_{nz} \geq \frac{F_u}{\phi f_{ce}} \rightarrow w_s \geq \frac{F_u}{\phi f_{ce} b}$$

5.2.7. GRÁFICO DE ZONAS NODALES

Se seleccionará el mayor ancho calculado tanto en el control de nudos y puntales por cada nudo, y se graficará una circunferencia con tal dimensión (criterio geométrico



conservador), siendo este ancho el diámetro, a continuación, mostramos el cuadro final para controlar los anchos por nudo.

Tabla 08: Anchos Efectivos Máximos “ $W_i \max$ ” y “ $W_f \max$ ”

| BARRA | INICIO | W_i (cm) | FIN | W_f (cm) | TIPO |
|-------|---------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|
| 1 | Nudo inicio 1 | $W_{i\max 1}$ | Nudo final 1 | $W_{f\max 1}$ | Botella o Prismático |
| 2 | Nudo inicio 2 | $W_{i\max 2}$ | Nudo final 2 | $W_{f\max 2}$ | Botella o Prismático |
| 3 | Nudo inicio 3 | $W_{i\max 3}$ | Nudo final 3 | $W_{f\max 3}$ | Botella o Prismático |

5.2.8. ACERO EN TENSORES.

Sabemos que:

$$\phi F_{nt} \geq F_u \rightarrow F_{nt} \geq \frac{F_u}{\phi}$$

Según la ecuación 23.7.2:

$$F_{nt} = A_{ts}f_y + A_{tp}\Delta f_p$$

Donde “ A_{tp} ” es cero para miembros no pre esforzados, entonces la ecuación quedara así:

$$F_{nt} = A_{ts}f_y$$

Finalmente reemplazando se tendrá:

$$F_{nt} \geq \frac{F_u}{\phi} \rightarrow A_{ts}f_y \geq \frac{F_u}{\phi} \rightarrow A_{ts} \geq \frac{F_u}{\phi f_y}$$



5.2.9. ACERO MÍNIMO DISTRIBUIDO

➤ Según R23.5:

- El refuerzo distribuido controla el agrietamiento en las cargas de servicio y promueve el comportamiento dúctil.
- Los puntales interiores generalmente están orientados paralelos a los campos de compresión y, por lo tanto, están orientados perpendicularmente a los campos de tensión diagonal.
- El mínimo refuerzo distribuido ayuda a controlar el agrietamiento causado por estos esfuerzos de tracción perpendiculares al eje de los puntales.

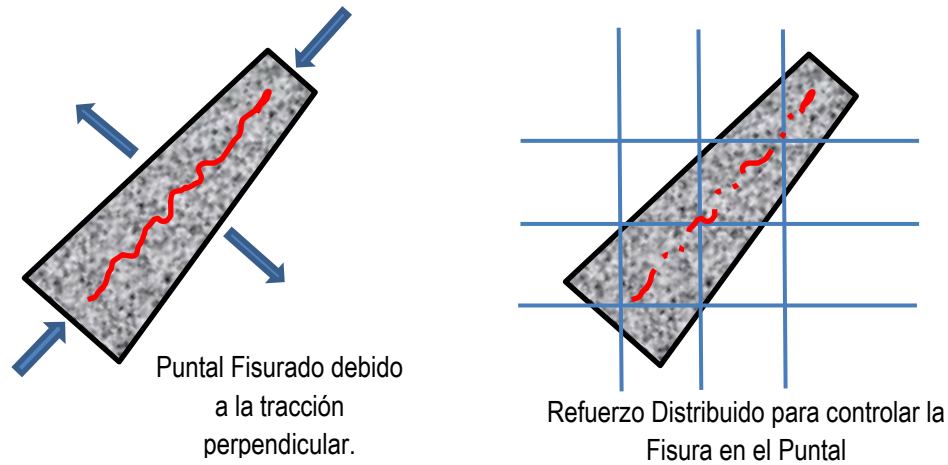


Fig. 38. Control de fisuras en puntales

➤ Según la tabla 23.5.1 – Mínimo Refuerzo Distribuido.

Tabla 09: Mínimo Refuerzo Distribuido

| RESTRICCIÓN LATERAL DEL PUNTAL | CONFIGURACIÓN DEL REFUERZO | PROPORCIÓN MÍNIMA DE REFUERZO DISTRIBUIDO | |
|--------------------------------|--|---|-----|
| No Restringido | Ejes Ortogonales | 0.0025 en cada dirección | (a) |
| | Refuerzo en una dirección que cruza el puntal en ángulo α_1 | $\frac{0.0025}{\sin^2(\alpha_1)}$ | (b) |
| Restringido | No requiere refuerzo Distribuido | | (c) |

➤



- Según 23.5.2 (a), el espaciamiento del refuerzo distribuido no excederá a 30cm.
- Según 23.5.2 (b), el ángulo α_1 no debe ser inferior a 40° .
- Deducción de las expresiones para el Acero Mínimo (fuente propia):
En la mayoría de los casos y a su vez los más críticos son Puntales no Restringidos, por lo cual es necesario proporcionar refuerzo mínimo distribuido. Analizaremos los casos (a) y (b) de la tabla 23.5.1.

Caso (a): Configuración con ejes ortogonales

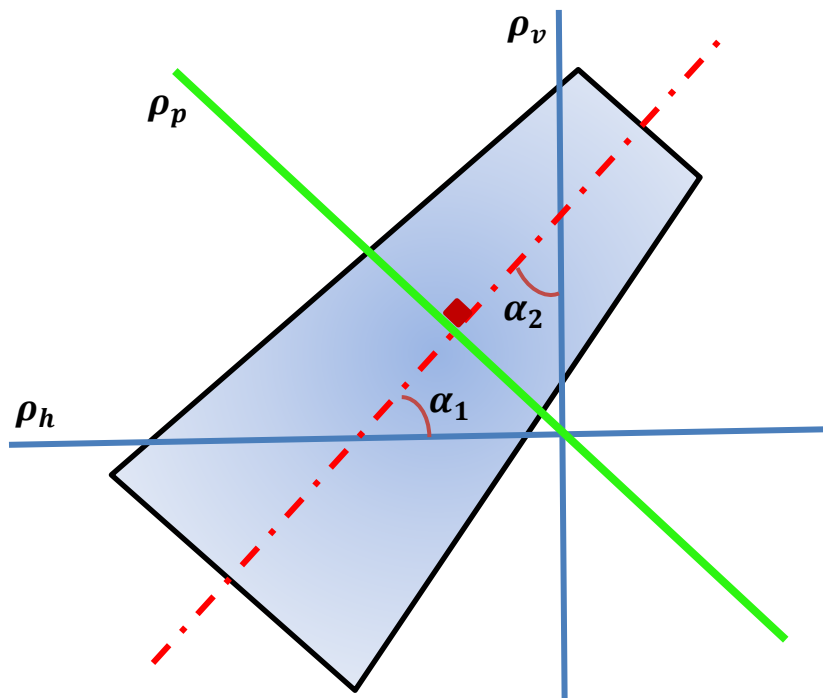


Fig. 39. Refuerzo en un puntal agrietado

" ρ_p " → Cuantía perpendicular al eje del puntal

" ρ_h " → Cuantía Horizontal

" ρ_v " → Cuantía Vertical

Entonces:

$$\rho_p = \rho_h \text{sen} \alpha_1 + \rho_v \text{sen} \alpha_2 = \frac{A_{sh}}{bS_1} \text{sen} \alpha_1 + \frac{A_{sv}}{bS_2} \text{sen} \alpha_2 = \sum \frac{A_{si}}{bS_i} \text{sen} \alpha_i$$



Nota:

En las versiones anteriores del código del ACI318, la expresión anterior era manejada, donde simplemente exigía que la sumatoria de todas las cuantías perpendiculares sea mayor igual a 0.003.

$$\sum \frac{A_{si}}{bS_i} \text{sen}\alpha_i \geq 0.003$$

Continuando con la deducción de expresiones el ACI318-19 en el caso (a) de la tabla 23.5.1. exige que las cuantías.

$$\rho_h = 0.0025, \rho_v = 0.0025$$

Reemplazando:

$$\rho_p = \rho_h \text{sen}\alpha_1 + \rho_v \text{sen}\alpha_2 \rightarrow \rho_p = 0.0025 \text{sen}\alpha_1 + 0.0025 \text{sen}\alpha_2$$

$$\rho_p = 0.0025(\text{sen}\alpha_1 + \text{cos}\alpha_1)$$

Caso (b): Refuerzo en una dirección que cruza el puntal en un ángulo α_1 .

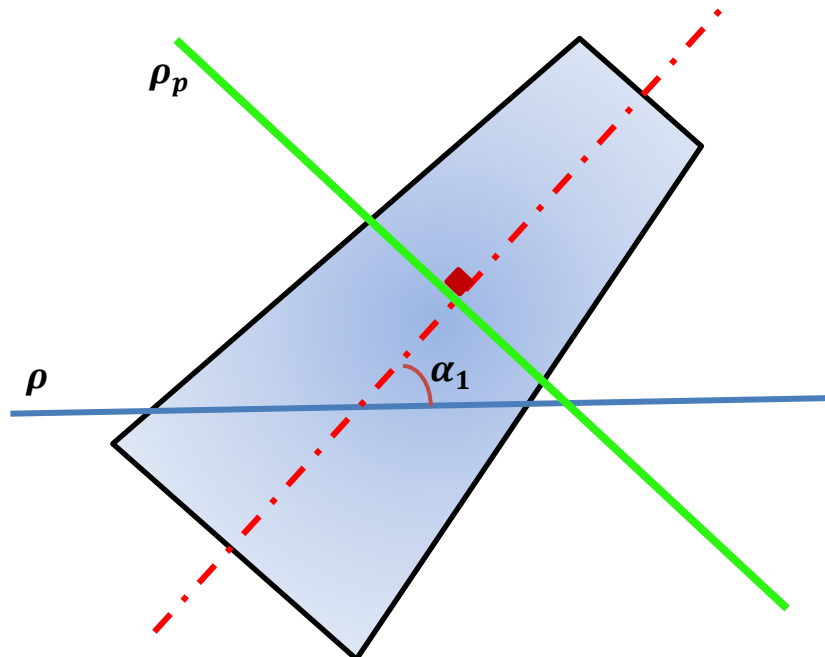




Fig. 40. Refuerzo horizontal en un puntal agrietado

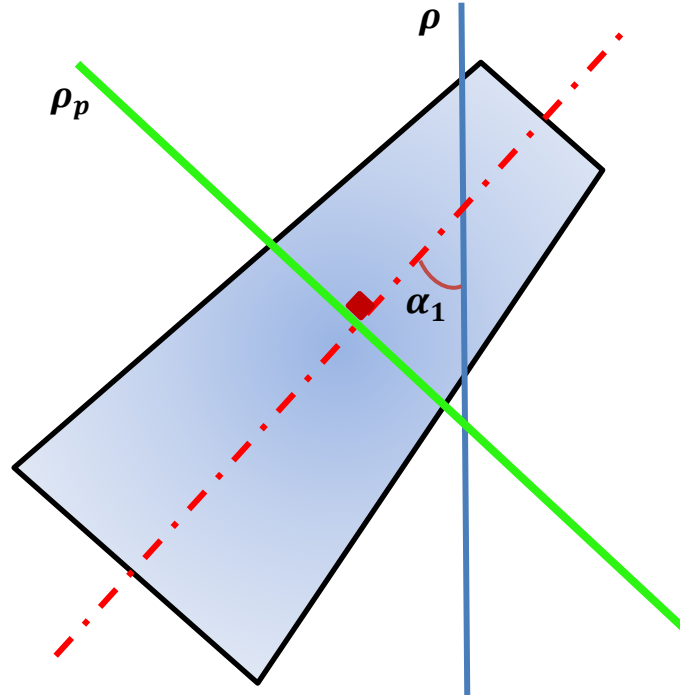


Fig. 41. Refuerzo vertical en un puntal agrietado

Como en este caso solo se pretende controlar la figuración con refuerzo en una sola dirección, por lo tanto, la cuantía perpendicular deberá ser igual a la exigida en el caso (a), entonces igualamos las cuantías perpendiculares de ambos casos.

Para la dirección horizontal:

$$\rho_p = 0.0025(\text{sen}\alpha_1 + \text{cos}\alpha_1) \dots \dots \text{caso}(a)$$

$$\rho_p = \rho \text{sen}\alpha_1 \dots \dots \dots \dots \dots \dots \text{caso}(b)$$

$$\rho \text{sen}\alpha_1 = 0.0025(\text{sen}\alpha_1 + \text{cos}\alpha_1) \rightarrow \rho = \frac{0.0025(\text{sen}\alpha_1 + \text{cos}\alpha_1)}{\text{sen}\alpha_1}$$

$$\rho = 0.0025 \left(1 + \frac{\text{cos}\alpha_1}{\text{sen}\alpha_1} \right) \rightarrow \rho = 0.0025(1 + \text{cot}\alpha_1)$$



Del código ACI318-19 en la tabla 23.5.1. en el caso (b) nos dice que:

$$\rho = \frac{0.0025}{(\text{sen}\alpha_1)^2}$$

$$\rho = \frac{0.0025}{(\text{sen}\alpha_1)^2} \rightarrow \rho = 0.0025 \left(\frac{1}{(\text{sen}\alpha_1)^2} \right) \rightarrow \rho = 0.0025 \left(\frac{(\text{sen}\alpha_1)^2 + (\text{cos}\alpha_1)^2}{(\text{sen}\alpha_1)^2} \right)$$

$$\rho = 0.0025 \left(1 + \frac{(\text{cos}\alpha_1)^2}{(\text{sen}\alpha_1)^2} \right) \rightarrow \rho = 0.0025 (1 + (\text{cota}_1)^2)$$

Observamos que las expresiones no son iguales, pero los valores que se obtienen por cada variación angular mayores a 40° son muy aproximadas, observe la siguiente tabla:

Tabla 10: Comparación Matemática de Cuantías

| α | 1+COT α | 1+COT α^2 | P=0.0025 | CUANTIA REAL | CUANTIA APROX | DIFER. | OBS. |
|----------|----------------|------------------|----------|--------------|---------------|---------|---------|
| 1 | 58.290 | 3283.140 | 0.25% | 14.57% | 820.78% | 806.21% | A FAVOR |
| 2 | 29.636 | 821.035 | 0.25% | 7.41% | 205.26% | 197.85% | |
| 3 | 20.081 | 365.090 | 0.25% | 5.02% | 91.27% | 86.25% | |
| 4 | 15.301 | 205.509 | 0.25% | 3.83% | 51.38% | 47.55% | |
| 5 | 12.430 | 131.646 | 0.25% | 3.11% | 32.91% | 29.80% | |
| 6 | 10.514 | 91.523 | 0.25% | 2.63% | 22.88% | 20.25% | |
| 7 | 9.144 | 67.330 | 0.25% | 2.29% | 16.83% | 14.55% | |
| 8 | 8.115 | 51.628 | 0.25% | 2.03% | 12.91% | 10.88% | |
| 9 | 7.314 | 40.863 | 0.25% | 1.83% | 10.22% | 8.39% | |
| 10 | 6.671 | 33.163 | 0.25% | 1.67% | 8.29% | 6.62% | |
| 11 | 6.145 | 27.466 | 0.25% | 1.54% | 6.87% | 5.33% | |
| 12 | 5.705 | 23.134 | 0.25% | 1.43% | 5.78% | 4.36% | |
| 13 | 5.331 | 19.762 | 0.25% | 1.33% | 4.94% | 3.61% | |
| 14 | 5.011 | 17.086 | 0.25% | 1.25% | 4.27% | 3.02% | |
| 15 | 4.732 | 14.928 | 0.25% | 1.18% | 3.73% | 2.55% | |
| 16 | 4.487 | 13.162 | 0.25% | 1.12% | 3.29% | 2.17% | |
| 17 | 4.271 | 11.698 | 0.25% | 1.07% | 2.92% | 1.86% | |
| 18 | 4.078 | 10.472 | 0.25% | 1.02% | 2.62% | 1.60% | |
| 19 | 3.904 | 9.434 | 0.25% | 0.98% | 2.36% | 1.38% | |
| 20 | 3.747 | 8.549 | 0.25% | 0.94% | 2.14% | 1.20% | |
| 21 | 3.605 | 7.786 | 0.25% | 0.90% | 1.95% | 1.05% | |
| 22 | 3.475 | 7.126 | 0.25% | 0.87% | 1.78% | 0.91% | |
| 23 | 3.356 | 6.550 | 0.25% | 0.84% | 1.64% | 0.80% | |



| | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------------------------|
| 24 | 3.246 | 6.045 | 0.25% | 0.81% | 1.51% | 0.70% | |
| 25 | 3.145 | 5.599 | 0.25% | 0.79% | 1.40% | 0.61% | |
| 26 | 3.050 | 5.204 | 0.25% | 0.76% | 1.30% | 0.54% | |
| 27 | 2.963 | 4.852 | 0.25% | 0.74% | 1.21% | 0.47% | |
| 28 | 2.881 | 4.537 | 0.25% | 0.72% | 1.13% | 0.41% | |
| 29 | 2.804 | 4.255 | 0.25% | 0.70% | 1.06% | 0.36% | |
| 30 | 2.732 | 4.000 | 0.25% | 0.68% | 1.00% | 0.32% | |
| 31 | 2.664 | 3.770 | 0.25% | 0.67% | 0.94% | 0.28% | |
| 32 | 2.600 | 3.561 | 0.25% | 0.65% | 0.89% | 0.24% | |
| 33 | 2.540 | 3.371 | 0.25% | 0.63% | 0.84% | 0.21% | |
| 34 | 2.483 | 3.198 | 0.25% | 0.62% | 0.80% | 0.18% | |
| 35 | 2.428 | 3.040 | 0.25% | 0.61% | 0.76% | 0.15% | |
| 36 | 2.376 | 2.894 | 0.25% | 0.59% | 0.72% | 0.13% | |
| 37 | 2.327 | 2.761 | 0.25% | 0.58% | 0.69% | 0.11% | |
| 38 | 2.280 | 2.638 | 0.25% | 0.57% | 0.66% | 0.09% | |
| 39 | 2.235 | 2.525 | 0.25% | 0.56% | 0.63% | 0.07% | |
| 40 | 2.192 | 2.420 | 0.25% | 0.55% | 0.61% | 0.06% | A FAVOR |
| 41 | 2.150 | 2.323 | 0.25% | 0.54% | 0.58% | 0.04% | A FAVOR |
| 42 | 2.111 | 2.233 | 0.25% | 0.53% | 0.56% | 0.03% | A FAVOR |
| 43 | 2.072 | 2.150 | 0.25% | 0.52% | 0.54% | 0.02% | A FAVOR |
| 44 | 2.036 | 2.072 | 0.25% | 0.51% | 0.52% | 0.01% | A FAVOR |
| 45 | 2.000 | 2.000 | 0.25% | 0.50% | 0.50% | 0.00% | A FAVOR |
| 46 | 1.966 | 1.933 | 0.25% | 0.49% | 0.48% | -0.01% | ES MINIMA LA DIFERENCIA |
| 47 | 1.933 | 1.870 | 0.25% | 0.48% | 0.47% | -0.02% | |
| 48 | 1.900 | 1.811 | 0.25% | 0.48% | 0.45% | -0.02% | |
| 49 | 1.869 | 1.756 | 0.25% | 0.47% | 0.44% | -0.03% | |
| 50 | 1.839 | 1.704 | 0.25% | 0.46% | 0.43% | -0.03% | |
| 51 | 1.810 | 1.656 | 0.25% | 0.45% | 0.41% | -0.04% | |
| 52 | 1.781 | 1.610 | 0.25% | 0.45% | 0.40% | -0.04% | |
| 53 | 1.754 | 1.568 | 0.25% | 0.44% | 0.39% | -0.05% | |
| 54 | 1.727 | 1.528 | 0.25% | 0.43% | 0.38% | -0.05% | |
| 55 | 1.700 | 1.490 | 0.25% | 0.43% | 0.37% | -0.05% | |
| 56 | 1.675 | 1.455 | 0.25% | 0.42% | 0.36% | -0.05% | |
| 57 | 1.649 | 1.422 | 0.25% | 0.41% | 0.36% | -0.06% | |
| 58 | 1.625 | 1.390 | 0.25% | 0.41% | 0.35% | -0.06% | |
| 59 | 1.601 | 1.361 | 0.25% | 0.40% | 0.34% | -0.06% | |
| 60 | 1.577 | 1.333 | 0.25% | 0.39% | 0.33% | -0.06% | |
| 61 | 1.554 | 1.307 | 0.25% | 0.39% | 0.33% | -0.06% | |
| 62 | 1.532 | 1.283 | 0.25% | 0.38% | 0.32% | -0.06% | |
| 63 | 1.510 | 1.260 | 0.25% | 0.38% | 0.31% | -0.06% | |
| 64 | 1.488 | 1.238 | 0.25% | 0.37% | 0.31% | -0.06% | |
| 65 | 1.466 | 1.217 | 0.25% | 0.37% | 0.30% | -0.06% | |





| | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|
| 66 | 1.445 | 1.198 | 0.25% | 0.36% | 0.30% | -0.06% | |
| 67 | 1.424 | 1.180 | 0.25% | 0.36% | 0.30% | -0.06% | |
| 68 | 1.404 | 1.163 | 0.25% | 0.35% | 0.29% | -0.06% | |
| 69 | 1.384 | 1.147 | 0.25% | 0.35% | 0.29% | -0.06% | |
| 70 | 1.364 | 1.132 | 0.25% | 0.34% | 0.28% | -0.06% | |
| 71 | 1.344 | 1.119 | 0.25% | 0.34% | 0.28% | -0.06% | |
| 72 | 1.325 | 1.106 | 0.25% | 0.33% | 0.28% | -0.05% | |
| 73 | 1.306 | 1.093 | 0.25% | 0.33% | 0.27% | -0.05% | |
| 74 | 1.287 | 1.082 | 0.25% | 0.32% | 0.27% | -0.05% | |
| 75 | 1.268 | 1.072 | 0.25% | 0.32% | 0.27% | -0.05% | |
| 76 | 1.249 | 1.062 | 0.25% | 0.31% | 0.27% | -0.05% | |
| 77 | 1.231 | 1.053 | 0.25% | 0.31% | 0.26% | -0.04% | |
| 78 | 1.213 | 1.045 | 0.25% | 0.30% | 0.26% | -0.04% | |
| 79 | 1.194 | 1.038 | 0.25% | 0.30% | 0.26% | -0.04% | |
| 80 | 1.176 | 1.031 | 0.25% | 0.29% | 0.26% | -0.04% | |
| 81 | 1.158 | 1.025 | 0.25% | 0.29% | 0.26% | -0.03% | |
| 82 | 1.141 | 1.020 | 0.25% | 0.29% | 0.25% | -0.03% | |
| 83 | 1.123 | 1.015 | 0.25% | 0.28% | 0.25% | -0.03% | |
| 84 | 1.105 | 1.011 | 0.25% | 0.28% | 0.25% | -0.02% | |
| 85 | 1.087 | 1.008 | 0.25% | 0.27% | 0.25% | -0.02% | |
| 86 | 1.070 | 1.005 | 0.25% | 0.27% | 0.25% | -0.02% | |
| 87 | 1.052 | 1.003 | 0.25% | 0.26% | 0.25% | -0.01% | |
| 88 | 1.035 | 1.001 | 0.25% | 0.26% | 0.25% | -0.01% | |
| 89 | 1.017 | 1.000 | 0.25% | 0.25% | 0.25% | 0.00% | |
| 90 | 1.000 | 1.000 | 0.25% | 0.25% | 0.25% | 0.00% | A FAVOR |

El código de seguro plantea la formulación:

$$\rho = \frac{0.0025}{(\text{sen}\alpha_1)^2}$$

" α_1 " → *Minimo angulo entre el puntal y el refuerzo*

Por ser una expresión más práctica que:

$$\rho = 0.0025(1 + \text{cota}\alpha_1)$$

Finalmente, la expresión general para refuerzo mínimo distribuido será:

$$\rho_p = \rho_h \text{sen}\alpha_1 + \rho_v \text{sen}\alpha_2 \geq 0.0025(\text{sen}\alpha_1 + \text{cota}\alpha_1)$$



$$\rho_p = \frac{A_{sh}}{bs_1} \text{sen}\alpha_1 + \frac{A_{sv}}{bs_2} \text{sen}\alpha_2 \geq 0.0025(\text{sen}\alpha_1 + \text{cos}\alpha_1)$$

$$\rho_p = \frac{A_{sh}}{bs_1} \text{sen}\alpha_1 + \frac{A_{sv}}{bs_2} \text{cos}\alpha_1 \geq 0.0025(\text{sen}\alpha_1 + \text{cos}\alpha_1)$$

Como en un elemento bidimensional (plano) de espesor constante “b” la colocación del refuerzo se hace en dos ramas, entonces:

$$\rho_p = \frac{2A_h}{bs_1} \text{sen}\alpha_1 + \frac{2A_v}{bs_2} \text{cos}\alpha_1 \geq 0.0025(\text{sen}\alpha_1 + \text{cos}\alpha_1)$$

$$\underbrace{\frac{2A_h}{bs_1} \frac{\text{sen}\alpha_1}{(\text{sen}\alpha_1 + \text{cos}\alpha_1)}}_{\rho_{hcontrol}} + \underbrace{\frac{2A_v}{bs_2} \frac{\text{cos}\alpha_1}{(\text{sen}\alpha_1 + \text{cos}\alpha_1)}}_{\rho_{vcontrol}} \geq 0.0025$$

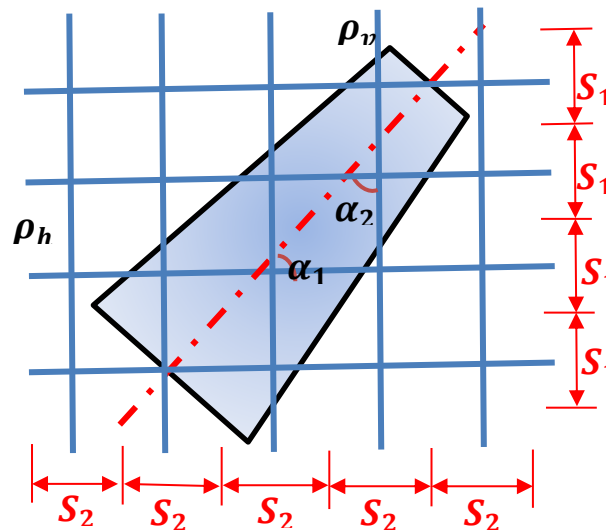
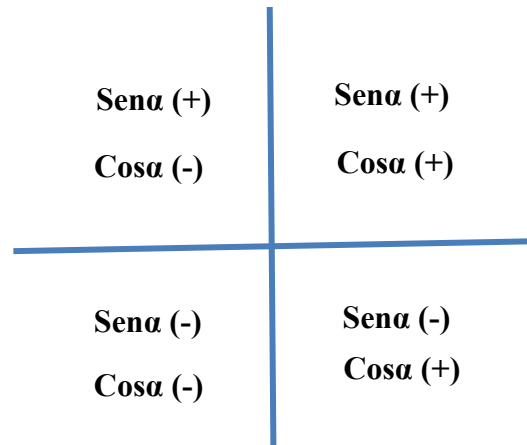


Fig. 42. Malla de acero mínimo



Luego sabemos que:



Como el ángulo de los ejes del puntal y el refuerzo tomaran en ciertas situación valores negativos, por lo cual en términos de cuantía no tiene sentido ya que los refuerzos que cruzan el puntal se apoyan para controlar la fisuración, entonces es necesario mantener el valor positivo:

$$\underbrace{\frac{2A_h}{bs_1} \frac{|\text{sen}\alpha_1|}{(|\text{sen}\alpha_1| + |\text{cosa}_1|)}}_{\rho_{hcontrol}} + \underbrace{\frac{2A_v}{bs_2} \frac{|\text{cosa}_1|}{(|\text{sen}\alpha_1| + |\text{cosa}_1|)}}_{\rho_{vcontrol}} \geq 0.0025$$

5.3. ALGORITMO PARA SOLUCIONAR CERCHAS TEORICAS (ARMADURAS)

5.3.1. Se ingresa los vectores de la geometría de la cercha:

$$x = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ \dots] \quad , \quad y = [y_1 \ y_2 \ y_3 \ \dots]$$

5.3.2. Se definirá las restricciones, asignando ceros en aquellos grados de libertad restringidos:

$$GDL = [1 \ 2 \ 3 \ 4 \ \dots]$$

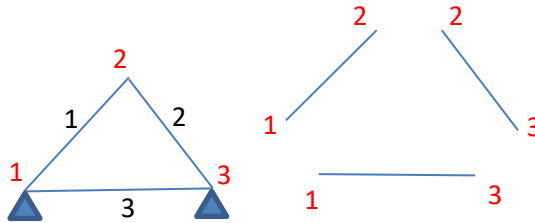
5.3.3. Definimos el vector de cargas que soportara la armadura:

$$Q = [Q_1 \ Q_2 \ Q_3 \ \dots]$$



5.3.4. Definimos la matriz de triangulación o formación de cerchas:

$$t = \begin{bmatrix} N_{inicio} & N_{final} \\ \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$



Ejemplo:

$$t = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \\ 1 & 3 \end{bmatrix}$$

5.3.5. Definimos la Matriz Base de ceros para la matriz “A”.

Si: “n” → Es el número de coordenadas o nudos.

“b” → Es el número de barras.

| | 1 | 2 | 3 | .... | 2n |
|----|---|---|---|------|----|
| 1 | 0 | 0 | 0 | .... | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | .... | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | .... | 0 |
| : | : | : | : | | : |
| 2b | 0 | 0 | 0 | .... | 0 |

5.3.6. Definimos la Matriz de Nudos.

para i=1:n

$$N(:, :, i) = [x(i) \ y(i)]$$

fin

$$N(:, :, 1) = [x(1) \ y(1)]$$

$$N(:, :, 2) = [x(2) \ y(2)]$$

$$N(:, :, 3) = [x(3) \ y(3)]$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots$$

5.3.7. Definimos la matriz de Barras.

$$N1(:, :, 1) = N(:, :, t(1,1))$$

$$N1(:, :, 2) = N(:, :, t(2,1))$$

$$N1(:, :, 3) = N(:, :, t(3,1))$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots$$



para i=1:b

$$N1(:, :, i) = N(:, :, t(i, 1))$$

$$N2(:, :, i) = N(:, :, t(i, 2))$$

$$B(:, :, i) = [N1(:, :, i); N2(:, :, i)]$$

fin

$$N2(:, :, 1) = N(:, :, t(1, 2))$$

$$N2(:, :, 2) = N(:, :, t(2, 2))$$

$$N2(:, :, 3) = N(:, :, t(3, 2))$$

⋮

⋮

$$B(:, :, 1) = \begin{bmatrix} N1(:, :, 1) \\ N2(:, :, 1) \end{bmatrix}$$

$$B(:, :, 2) = \begin{bmatrix} N1(:, :, 2) \\ N2(:, :, 2) \end{bmatrix}$$

$$B(:, :, 3) = \begin{bmatrix} N1(:, :, 3) \\ N2(:, :, 3) \end{bmatrix}$$

⋮

⋮

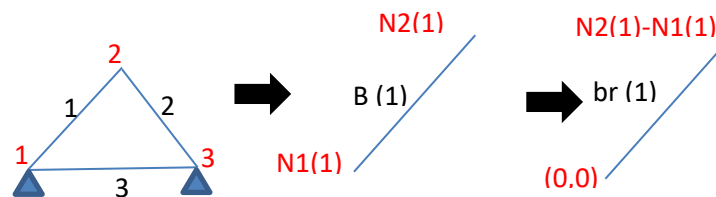
5.3.8. Definimos las Barras en Posición Normal y la Longitud de las Barras.

para i=1:b

$$br(:, :, i) = B(2, :, i) - B(1, :, i)$$

$$L(i) = \sqrt{(br(1, 1, i))^2 + (br(1, 2, i))^2}$$

fin





5.3.9. Ángulos que forman las Barras con la Horizontal.

```

para i=1:b
alfa(i)=tan2-1(br(:, 2 ,i)/br(:,1,i))
angulo(i,1)=alfa(i)
fin

```

Nota: La función \tan^{-1} es una función especial del Matlab el cual nos da el ángulo en función a sus componentes y cuadrante.

5.3.10. Definimos los GDL.

```

para i=1:n
H(2i-1)=2i-1
V(2i)=2i
fin
H(2n)=0

```

| | Nodo 1 | | Nodo 2 | | Nodo 3 |  | ..... |
|---|--------|---|--------|---|--------|---|-------|
| H | 1 | 0 | 3 | 0 | 5 | 0 | ..... |
| V | 0 | 2 | 0 | 4 | 0 | 6 | ..... |

5.3.11. Determinamos la Matriz “A” sin tener presente las restricciones

```

para i=1:2n
para ttt=1:b
si H(i)=i
j=(i+1)/2
si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt)
A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt))
fin
si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt)
A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt))
fin

```



```

fin
si V(i)=i
  j=i/2
  si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt)
    A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt))
  fin
  si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt)
    A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt))
  fin
fin
fin
fin
fin

```

Tabla 11: Matriz “A” sin Considerar las Restricciones

| | | Nudo 1 | | Nudo 2 | | ... | Nudo n | |
|---------|------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----|------------------------------------|------------------------------------|
| | | H | V | H | V | ... | H | V |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | ... | 2n-1 | 2n |
| Barra 1 | 1 | $\text{COS}(\alpha_1) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_1) \acute{o} 0$ | $\text{COS}(\alpha_1) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_1) \acute{o} 0$ | ... | $\text{COS}(\alpha_1) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_1) \acute{o} 0$ |
| | 2 | $\text{COS}(\alpha_1) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_1) \acute{o} 0$ | $\text{COS}(\alpha_1) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_1) \acute{o} 0$ | ... | $\text{COS}(\alpha_1) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_1) \acute{o} 0$ |
| Barra 2 | 3 | $\text{COS}(\alpha_2) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_2) \acute{o} 0$ | $\text{COS}(\alpha_2) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_2) \acute{o} 0$ | ... | $\text{COS}(\alpha_2) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_2) \acute{o} 0$ |
| | 4 | $\text{COS}(\alpha_2) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_2) \acute{o} 0$ | $\text{COS}(\alpha_2) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_2) \acute{o} 0$ | ... | $\text{COS}(\alpha_2) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_2) \acute{o} 0$ |
| : | : | : | : | : | : | | : | : |
| Barra b | 2b-1 | $\text{COS}(\alpha_b) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_b) \acute{o} 0$ | $\text{COS}(\alpha_b) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_b) \acute{o} 0$ | ... | $\text{COS}(\alpha_b) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_b) \acute{o} 0$ |
| | 2b | $\text{COS}(\alpha_b) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_b) \acute{o} 0$ | $\text{COS}(\alpha_b) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_b) \acute{o} 0$ | ... | $\text{COS}(\alpha_b) \acute{o} 0$ | $\text{SEN}(\alpha_b) \acute{o} 0$ |

5.3.12. Determinamos la Matriz “A” considerando la Restricciones de GDL

Si: “c”=número de columnas de la matriz GDL

ii=1

para j=1:c

si GDL(j)≠0

NGDL(ii)=GDL(j)



```

ii=ii+1
fin
fin
Si: "m"=número de columnas de la matriz NGDL
para i=1:m
    AA(:, i)=A(:, NGDL(i))
fin
    
```

5.3.13. Definimos la matriz diagonal de Rigideces de las Barras

```

para i=1:b
    kd(2i-1,2i-1)=EA(i)/L(i)
    kd(2i,2i-1)=-EA(i)/L(i)
    kd(2i-1,2i)=-EA(i)/L(i)
    kd(2i,2i)=EA(i)/L(i)
fin
    
```

Tabla 12: Matriz Diagonal de Rigideces de las Barras

| | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------|-----------------------|-----------------------|
| $\frac{EA(1)}{L(1)}$ | $-\frac{EA(1)}{L(1)}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | .... | 0 | 0 |
| $-\frac{EA(1)}{L(1)}$ | $\frac{EA(1)}{L(1)}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | .... | 0 | 0 |
| 0 | 0 | $\frac{EA(2)}{L(2)}$ | $-\frac{EA(2)}{L(2)}$ | 0 | 0 | .... | 0 | 0 |
| 0 | 0 | $-\frac{EA(2)}{L(2)}$ | $\frac{EA(2)}{L(2)}$ | 0 | 0 | .... | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | $\frac{EA(3)}{L(3)}$ | $-\frac{EA(3)}{L(3)}$ | .... | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | $-\frac{EA(3)}{L(3)}$ | $\frac{EA(3)}{L(3)}$ | .... | 0 | 0 |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | .... | $\frac{EA(b)}{L(b)}$ | $-\frac{EA(b)}{L(b)}$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | .... | $-\frac{EA(b)}{L(b)}$ | $\frac{EA(b)}{L(b)}$ |



5.3.14. Calculo de la matriz de rigidez de la armadura

$$K=AA'.kd. AA$$

5.3.15. Calculo del desplazamientos en coordenadas globales

$$q=K^{-1}Q'$$

5.3.16. Calculo del desplazamiento en cada elemento

$$p=AA.q$$

5.3.17. Calculo de cargas internas en los elementos

$$P=kd.p$$

5.4. ALGORITMO PARA EL CONTROL DE NUDOS

Tenemos el vector de cargas internas del análisis de la cercha ideal:

Tabla 13: Vector de Cargas Internas del Análisis de la Cercha.

| | | |
|------|--------|-----|
| [P]= | P(1,1) | P1 |
| | P(2,1) | -P1 |
| | P(3,1) | P2 |
| | P(4,1) | -P2 |
| | P(5,1) | P3 |
| | : | : |
| | : | : |

5.4.1. Creamos un vector Nodos.

Para i=1 : #Nodos

Nodo1(i)=i;

fin



5.4.2. Creamos una matriz de fuerzas que llegan a un nodo en específico.

```

para i=1:#Nodos
    para j=1:#barras
        si T(j,1)==Nodo1(i)
            F(j,i)=P(2j-1,1)
        sino T(j,2)==Nodo1(i)
            F(j,i)=P(2j-1,1)
        fin
    fin
fin
    
```

Tabla 14: Matriz de Fuerzas que Llegan a un Nodo

| | | 1 | 2 | 3 | .... | #Nodos |
|------------|---------|------------------|------------------|------------------|------|------------------|
| [F] | 1 | $P(1,1) \circ 0$ | $P(1,1) \circ 0$ | $P(1,1) \circ 0$ | .... | $P(1,1) \circ 0$ |
| | 2 | $P(3,1) \circ 0$ | $P(3,1) \circ 0$ | $P(3,1) \circ 0$ | .... | $P(3,1) \circ 0$ |
| | 3 | $P(5,1) \circ 0$ | $P(5,1) \circ 0$ | $P(5,1) \circ 0$ | .... | $P(5,1) \circ 0$ |
| | : | : | : | : | | : |
| | : | : | : | : | | : |
| | #barras | | | | | |

5.4.3. Creamos un matriz auxiliar de reordenamiento de la matriz [F].

```

para i=1#Nodos
    k1=0;
    para j=1:#barras
        if F(j,i)≠0
            k2=k1+1;
            k1=k2;
            FN(k1,i)=F(j,i)
        end
    end
end
    
```




end

end

Tabla 15: Matriz Auxiliar de Reordenamiento de la Matriz "F"

| | | 1 | 2 | 3 | .... | #Nodos |
|-------|---------|---|---|---|------|--------|
| [FN]= | 1 | X | X | X | .... | X |
| | 2 | X | X | X | .... | X |
| | 3 | X | X | X | .... | X |
| | : | : | : | : | | : |
| | : | : | : | : | | : |
| | #barras | | | | | |

5.4.4. Matriz de Control de Nodos

Para iniciar creamos el vector que almacena el número de fuerzas que llegan a un nodo y también el vector que almacena el acumulado de fuerzas que llegan a un nodo:

Tabla 16: Vector que Almacena el Numero de Fuerzas que Llegan a un Nodo

| | 1 | 2 | 3 | ... | #Nodos |
|--------|------|------|------|------|--------|
| nNodo= | #FN1 | #FN2 | #FN3 | .... |  |

Tabla 17: Vector que Almacena el Acumulado del Numero de Fuerzas que Llegan a un Nodo

| | 1 | 2 | 3 | ... | #Nodos |
|---------|------|-----------|----------------|------|--------|
| nNodoA= | #FN1 | #FN1+#FN2 | #FN1+#FN2+#FN3 | .... |  |

Entonces:

nnNodoA(1)=0;

para i=1: #Nodo-1



```
nnNodoA(i+1)=nNodoA(i);
```

```
fin
```

Columna 01 y 02: Creamos la matriz columna que almacena las fuerzas según el nodo al que llega:

```
para i=1:#Nodo
```

```
  para j=1:nNodo(i)
```

```
    CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i)
```

```
    NN(nnNodoA(i)+j,1)=i;
```

```
  fin
```

```
fin
```

Columna 03: Creamos la matriz donde se almacenará el tipo del nodo:

Iniciamos definiendo el tipo de nodo seleccionando por medio de una matriz editable:

Cada opción
editable
desplegara 03
opciones
CCC, CCT, CTT

Tabla 18: Matriz para el Tipo de Nodo [Tipo1]

| | Tipo de Nodo | |
|--------|--------------|-------|
| | Nodo | Tipo |
| Tipo1= | 1 | CCC ▾ |
| | 2 | CCT ▾ |
| | 3 | CTT ▾ |
| | : | : |
| | : | : |



```
para i=1:max(nNodoA)
  para j=1:#filas(Tipo1)
    si NN(i)=Tipo1(j,1)
      Tipo(i,1)=Tipo1(j,2)
    fin
  fin
fin
```

Columna 04, 05 y 06: Creamos los vectores que almacena los anchos para las zonas nodales:

```
para i=1:max(nNodoA)
  si Tipo(i)=CCC
    Bn(i)=1.00
    Ø=0.75
    fce(i)=0.85Bn(i)f'c
    w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b
  sino si Tipo(i)=CCT
    Bn(i)=0.80
    Ø=0.75
    fce(i)=0.85Bn(i)f'c
    w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b
  sino si Tipo(i)=CTT
    Bn(i)=0.60
    Ø=0.75
    fce(i)=0.85Bn(i)f'c
    w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b
  fin
fin
```

Finalmente se tendrá definido la siguiente matriz donde se controlará los nodos (Las expresiones bajo las llaves son las matrices anteriormente determinadas):



Tabla 19: Matriz para el Control de Nodos

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|--------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| \underbrace{NODO}_{NN} | \underbrace{Fu}_{CN} | \underbrace{TIPO}_{Tipo} | \underbrace{Bn}_{Bn} | \underbrace{fce}_{fce} | \underbrace{Wn}_w |
| 1 | P1 | CCC | 1.00 | fce1 | W1 |
| 2 | P2 | CCT | 0.80 | fce2 | W2 |
| : | : | : | : | : | : |
| : | : | : | : | : | : |

5.5. ALGORITMO PARA EL CONTROL DE PUNTALES

Teniendo presente la matriz triangulación “T”, matriz tipo de nodos “tipo1” y la matriz de cargas “F”.

Tabla 20: Matriz Triangulación

| | | Inicio | Fin |
|----|---------|-----------|-----------|
| T= | Barra 1 | Nudo “a1” | Nudo “b1” |
| | Barra 2 | Nudo “a2” | Nudo “b2” |
| | Barra 3 | Nudo “a3” | Nudo “b3” |
| | : | : | : |

| | | NODO | TIPO |
|--------|---|-----------------|------|
| Tipo1= | 1 | CCC ó CCT ó CTT | |
| | 2 | CCC ó CCT ó CTT | |
| | 3 | CCC ó CCT ó CTT | |
| | : | : | |



| | | | | | | |
|-----|---------|------------|------------|------------|------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | .... | #Nodos |
| [F] | 1 | P(1,1) o 0 | P(1,1) o 0 | P(1,1) o 0 | .... | P(1,1) o 0 |
| | 2 | P(3,1) o 0 | P(3,1) o 0 | P(3,1) o 0 | .... | P(3,1) o 0 |
| | 3 | P(5,1) o 0 | P(5,1) o 0 | P(5,1) o 0 | .... | P(5,1) o 0 |
| | : | : | : | : | | : |
| | : | : | : | : | | : |
| | #barras | | | | | |

5.5.1. El objetivo será crear la siguiente tabla para el control de Barras.

Tabla 21: Matriz para Control de Barras

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------------|------------|------|-----|------|
| Barra | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo de Barra | Bs | fce | Fu | Ws |
| 1 | nodo inicio 01 | wi(1) | nodo final 01 | wf(1) | Botella o Prismática | Editable ∇ | fce1 | Fu1 | Ws1 |
| 2 | nodo inicio 02 | wi(2) | nodo final 02 | wf(2) | Botella o Prismática | Editable ∇ | fce2 | Fu2 | Ws2 |
| 3 | nodo inicio 03 | wi(3) | nodo final 03 | wf(3) | Botella o Prismática | Editable ∇ | fce3 | Fu3 | Ws3 |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : | : |

Columna (1): Creamos el vector número de barra

para i=1:#barras

PT(i)=i

fin

Columna (2): Vector Inicio de barras

T(:, 1)

Columna (4): Vector Fin de barras

T(:, 2)



Columna (3): Ancho de la zona nodal en el extremo inicial de la barra.

```
para i=1:#barras
  para j=1:#nodos
    si T(i,1)=Tipo1(j,1)
      Tip1(i)=Tipo1(j,2)
      si Tip1(i)='CCC'
        Bn(i)=1
        Ø=0.75
        fce(i)=0.85*Bn(i)*f'c
        wi(i)=|F(i,j)|/( Ø*fce(i)*b)
      elseif Tip1(i)='CCT'
        Bn(i)=0.80
        Ø=0.75
        fce(i)=0.85*Bn(i)*f'c
        wi(i)=|F(i,j)|/( Ø*fce(i)*b)
      elseif Tip1(i)='CTT'
        Bn(i)=0.60
        Ø=0.75
        fce(i)=0.85*Bn(i)*f'c
        wi(i)=|F(i,j)|/( Ø*fce(i)*b)
      fin
    fin
  fin
fin
```

Columna (5): Ancho de la zona nodal en el extremo final de la barra.

```
para i=1:#barras
  para j=1:#nodos
    si T(i,2)=Tipo1(j,1)
      Tip2(i)=Tipo1(j,2)
```



```
si Tip2(i)='CCC'  
    Bn(i)=1.00  
    Ø=0.75  
    fce(i)=0.85*Bn(i)*f'c  
    wf(i)=|F(i,j)|/( Ø*fce(i)*b)  
elseif Tip2(i)='CCT'  
    Bn(i)=0.80  
    Ø=0.75  
    fce(i)=0.85*Bn(i)*f'c  
    wf(i)=|F(i,j)|/( Ø*fce(i)*b)  
elseif Tip2(i)='CTT'  
    Bn(i)=0.60  
    Ø=0.75  
    fce(i)=0.85*Bn(i)*f'c  
    wf(i)=|F(i,j)|/( Ø*fce(i)*b)  
fin  
fin  
fin  
fin
```

Columna (6): Tipo de Barra

```
para i=1:#barras  
    si wi(i)>wf(i) o wf(i)>wi(i)  
        TipoBarra(i)='Botella'  
    elseif wi(i)=wf(i)  
        TipoBarra(i)='Prisma'  
    fin  
fin
```



Columna (7): Factor puntal (editable desplegable en la misma tabla)

El factor B_s podrá tomar los valores 0.40, 0.75, 1.00.

Columna (8): Resistencia efectiva del concreto en un Puntal

para $i=1:\#barras$

$$f_{ce}(i)=0.85*B_s*f_c$$

fin

Columna (9): Fuerzas ultimas en las barras.

para $i=1:\#barras$

$$F_u(i)=P(2i-1,1)$$

fin

Columna (10): Ancho del Puntal

para $i=1:\#barras$

$$\emptyset=0.75$$

$$w_s(i)=|F_u(i)|/(\emptyset*f_{ce}(i)*b)$$

fin

- 5.5.2** Finalmente crearemos una segunda tabla, donde se mostrará el mayor ancho efectivo de cada barra en sus extremos, sea debido al control por fuerzas en zonas nodales o fuerzas en las barras.

Tabla 22: Anchos Efectivos Máximos

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|-------|----------------|----------|---------------|----------|----------------------|
| BARRA | INICIO | w_i | FIN | w_f | TIPO |
| 1 | Nudo inicio 01 | $w_i(1)$ | Nudo final 01 | $w_f(1)$ | “Botella” o “Prisma” |
| 2 | Nudo inicio 02 | $w_i(2)$ | Nudo final 02 | $w_f(2)$ | “Botella” o “Prisma” |
| 3 | Nudo inicio 03 | $w_i(3)$ | Nudo final 03 | $w_f(3)$ | “Botella” o “Prisma” |
| : | : | : | : | : | : |
| : | : | : | : | : | : |



Columna (1):

para i=1:#barras

PT(i)=i

fin

Columna (2):

T(:,1)

Columna (4):

T(:,2)

Columna (3) y (5):

para i=1:#barras

Winicio(i)=maximo(wi(i),ws(i))

Wfinal(i)=máximo(wf(i),ws(i))

fin

5.6. ALGORITMO PARA ACERO EN TENSORES

Sabemos sobre los refuerzos de acero lo siguiente:

SISTEMA UNIDADES “SI”:

Tabla 23: Diámetro de Refuerzos en Unidades SI

| BARRA DE REFUERZO | | |
|-------------------|----------------------|------------------------|
| BARRA | DIAMETRO NOMINAL(mm) | AREA(mm ²) |
| 10 | 9.5 | 71 |
| 13 | 12.7 | 129 |
| 16 | 15.9 | 199 |
| 19 | 19.1 | 284 |
| 25 | 25.4 | 510 |



SISTEMA DE UNIDADES “MKS”:

Tabla 24: Diámetro de Refuerzos en unidades mks

| BARRA DE REFUERZO | | |
|-------------------|----------------------|-----------|
| BARRA | DIAMETRO NOMINAL(cm) | AREA(cm2) |
| 3/8” | 0.95 | 0.71 |
| 1/2” | 1.27 | 1.29 |
| 5/8” | 1.59 | 1.99 |
| 3/4” | 1.91 | 2.84 |
| 1” | 2.54 | 5.10 |

Sabemos sobre el número de refuerzos de acero a colocar que siempre es por exceso y los diámetros deberán ser de diámetro consecutivos, a continuación, presentamos un ejemplo en el sistema SI.

$$N^{\circ}Varrillas = \frac{Ats}{Abarra}$$

Tabla 25: Ejemplo para el Cálculo de Varillas

| Ats (mm2) | Abarra(mm2) | N° Varillas | N° Varillas (Redondeado) |
|-----------|-------------|-------------|--------------------------|
| 173 | 71 | 2.44 | 3 |
| 372 | 129 | 2.88 | 3 |
| 429 | 199 | 2.16 | 3 |
| 738 | 284 | 2.60 | 3 |

El objetivo será crear la siguiente tabla:

Tabla 26: Acero en Tensores

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|



| Barra | Carga en Tensor | \emptyset | f_y | Ats | DIAMETRO | Abarra | N° Varillas |
|----------|-----------------|-------------|------------|------|-------------------|---------|-------------|
| Tensor 1 | $P_{Tensor1}$ | 0.75 | 4200 o 420 | Ats1 | Editable ∇ | Abarra1 | N1 |
| Tensor 2 | $P_{Tensor2}$ | 0.75 | 4200 o 420 | Ats2 | Editable ∇ | Abarra2 | N2 |
| Tensor 3 | $P_{Tensor3}$ | 0.75 | 4200 o 420 | Ats3 | Editable ∇ | Abarra3 | N3 |
| : | : | : | : | : | : | : | : |
| : | : | : | : | : | : | : | : |

COLUMNA 01, 02, 03, 04 y 05: Creamos las matrices columna del Numero de barra del Tensor, Carga en cada tensor, factor de reducción y el esfuerzo de fluencia del acero.

Sabemos que el vector de cargas internas del análisis de la cercha ideal:

| | | |
|------|--------|-----|
| [P]= | P(1,1) | P1 |
| | P(2,1) | -P1 |
| | P(3,1) | P2 |
| | P(4,1) | -P2 |
| | P(5,1) | P3 |
| | : | : |
| | : | : |

Entonces se podrá decir:

$$P(2i - 1) > 0 \rightarrow \text{Compresion} \quad , \quad P(2i - 1) < 0 \rightarrow \text{Traccion}$$

Luego el algoritmo será:

para $i=1:\#barras$

$k=0$

si $P(2i-1)<0$

$k1=k+1$

$k=k1$

Tensor($k1$)= i

$FTensor(k1,1)=P(2i-1)$



$$\text{Factor}(k1,1)=0.75$$

$$f_y(k1,1)=4200 \text{ o } 420$$

$$\text{Ats}(k1,1)=|F_{\text{Tensor}}(k1,1)|/(\text{Factor}(k1,1)*f_y(k1,1))$$

fin

fin

Columna 06: Es una columna editable, donde se seleccionará el diámetro de la barra.

Entonces se tendrá una matriz columna de la siguiente forma, dependiendo del sistema de unidades y lo que se seleccione en cada opción.

| | Diámetro |
|------------|----------|
| diam (1,1) | 3/8 o 10 |
| diam (2,1) | 1/2 o 13 |
| diam (3,1) | 1 o 25 |
| : | : |
| : | : |

Columna 07: Se definirá la matriz columna del área del refuerzo seleccionado dependiendo el sistema de unidades también seleccionado (SI o mks), a continuación, mostrados para el algoritmo para el sistema internacional SI.

para i=1: #filas de FTensor

$$\text{si diam}(i,1)=10$$

$$\text{Abarra}(i,1)=71$$

$$\text{sino si diam}(i,1)=13$$

$$\text{Abarra}(i,1)=129$$

$$\text{sino si diam}(i,1)=16$$

$$\text{Abarra}(i,1)=199$$

$$\text{sino si diam}(i,1)=19$$

$$\text{Abarra}(i,1)=284$$

$$\text{sino si diam}(i,1)=25$$



```
Abarra(i,1)=510
fin
fin
```

Columna 08: Se definirá la matriz columna del número de varillas necesarias para cada tensor.

```
para i=1: #filas de FTensor
    Nbarras(i,1)=redondear(Ats(i,1)/Abarra(i,1))
fin
```

5.7. ALGORITMO PARA EL ACERO MINIMO

El objetivo será crear la siguiente tabla:

Tabla 27: Acero Mínimo

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|----------|-------------|------------|----------|------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| Puntal | α | Ah | S1 | Av | S2 | ρh | ρv | ρt |
| puntal 1 | $\alpha(1)$ | Editable ▽ | Editable | Editable ▽ | Editable | $\rho h(1)$ | $\rho v(1)$ | $\rho t(1)$ |
| puntal 2 | $\alpha(2)$ | Editable ▽ | Editable | Editable ▽ | Editable | $\rho h(2)$ | $\rho v(2)$ | $\rho t(2)$ |
| puntal 3 | $\alpha(3)$ | Editable ▽ | Editable | Editable ▽ | Editable | $\rho h(3)$ | $\rho v(3)$ | $\rho t(3)$ |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : |

Columna 01, 02, 07, 08 y 09:

```
K=0
para i=1:#barras
    si P(2i-1)>0
        k1=k+1
        k=k1
        puntal(k1)=i
        alfa(k1,1)=angulo(i,1)
        ph(k1,1)=2Ah(k1,1)*abs(sen(alfa(k1,1)))/[b*S1(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+
```



```
abs(cos(alfa(k1,1))))]  
pv(k1,1)=2Av(k1,1)*abs(cos(alfa(k1,1)))/[b*S2(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+  
abs(cos(alfa(k1,1))))]  
pt(k1,1)= ph(k1,1)+ pv(k1,1)  
fin  
fin
```

Columna 03,04, 05 y 06:

Es una columna editable, donde se seleccionará el diámetro del refuerzo a usar, también se escogerá el espaciamiento horizontal y vertical al cual será distribuido el refuerzo.

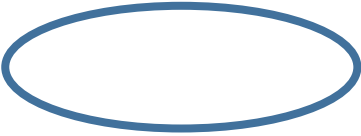

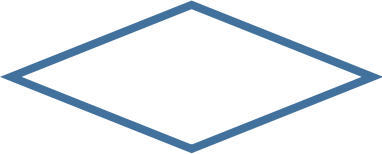



5.8. DISEÑO DEL PROGRAMA

El programa está basado en los siguientes diagramas de flujo en el cual cada orden que realiza ya fue expuesta anteriormente en los apartados 5.1 al 5.7, en el cual se explicó a detalle los algoritmos usados.

La ventaja de mostrar los algoritmos usados en forma detallada es que es posible programarlo en cualquier lenguaje de programación, en el caso de la presente investigación fue desarrollada en el Matlab. Como se señaló en el apartado 3.2. Marco Teórico, los diagramas de flujo solos o combinados con pseudocódigos son especialmente apropiados para tareas de programación más complicadas. Para poder crear los diagramas de flujo debemos tener presente algunos símbolos estándar, los cuales se explicará a continuación.

Tabla 28: Símbolos Estándar para Diagramas de Flujo

| SIMBOLO | FUNCION |
|---|---|
|  | Se usa para indicar el comienzo o final de una sección de código. |
|  | Se usa para indicar procesos de entrada o Salida. |
|  | Se usa para indicar un punto de decisión. |
|  | Se usa para colocar o mostrar los cálculos que se realizara. |



5.8.1 VENTANA PRINCIPAL

Es la ventana o interfaz gráfica principal (Ventana Madre) que recibe todos los datos, en esta ventana está contenida las pestañas: Archivo, Definir, Edición, Asignar, Cálculo y Refuerzos. Todas las pestañas emitirán su ventana respectiva para el ingreso de información necesaria para el diseño.

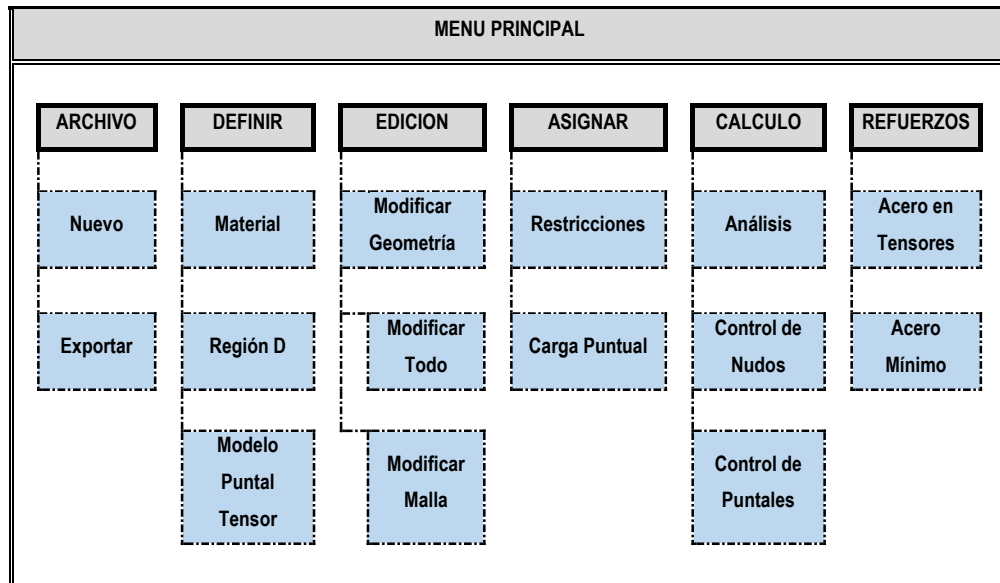


Fig. 43. Pestañas del menú principal – AmdIS ESTRUCTURAL

Diagrama de flujo del Menú Principal

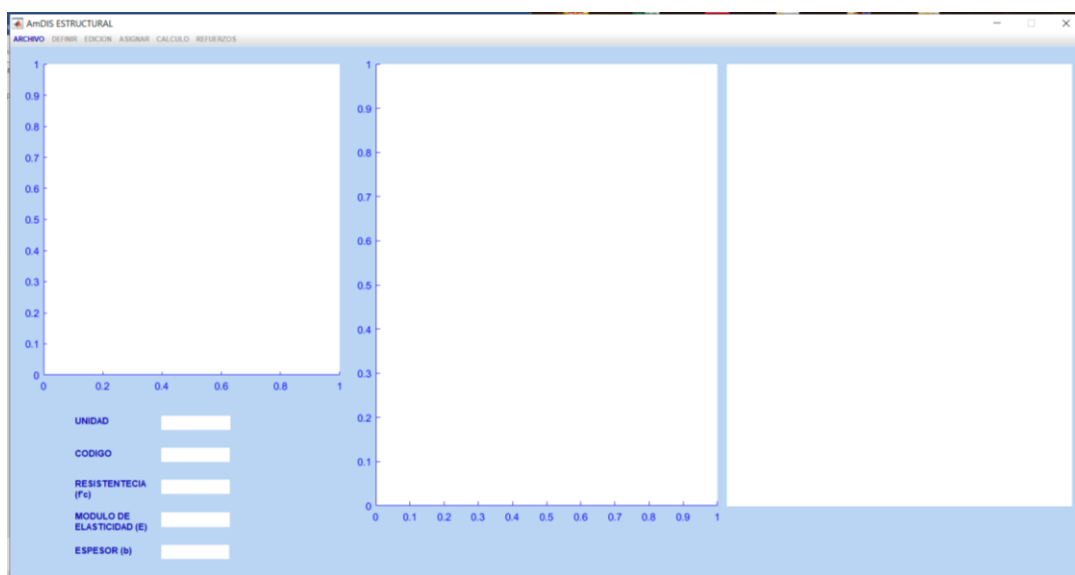
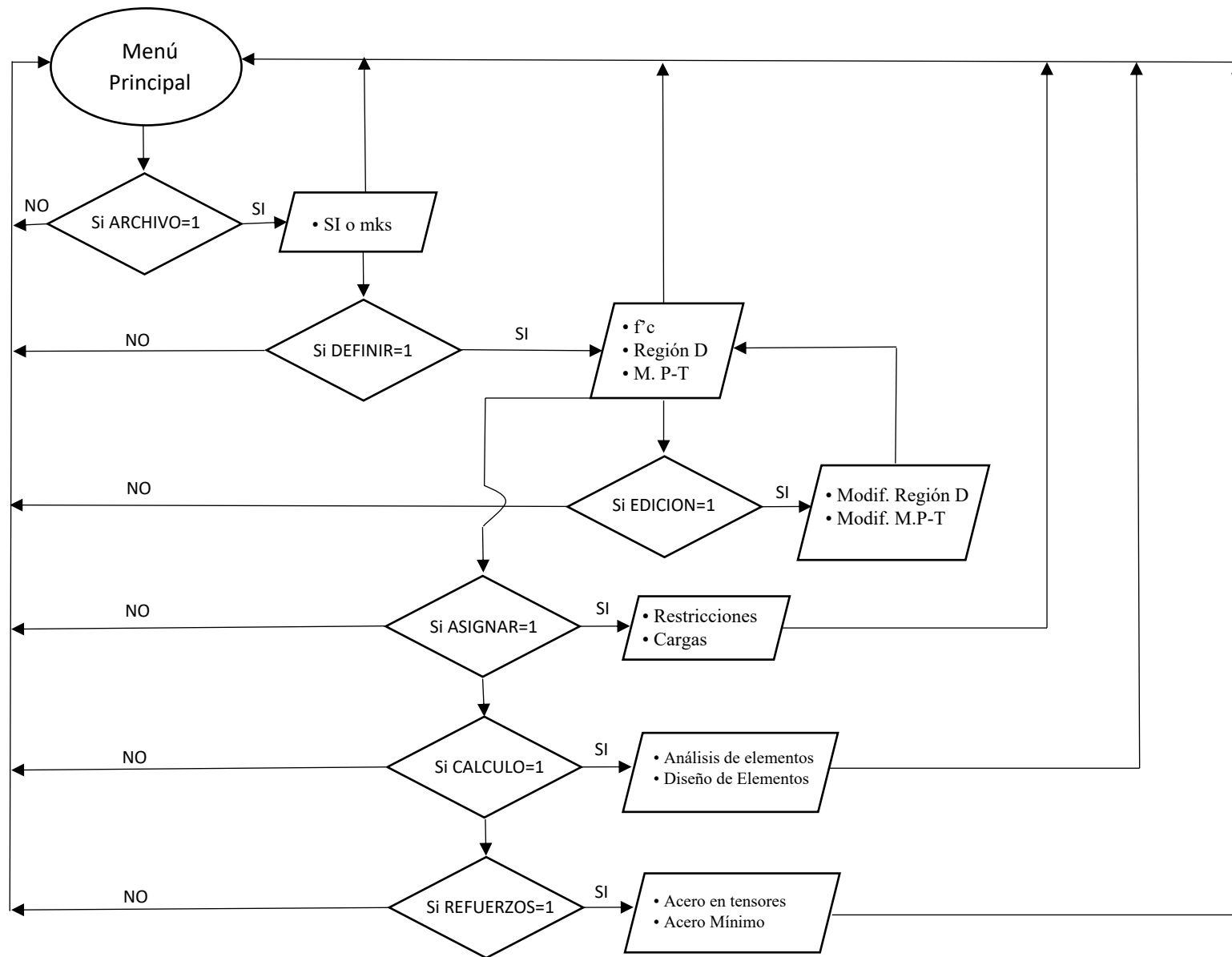
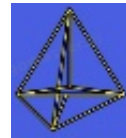


Fig. 44. Menú Principal – AmdIS ESTRUCTURAL





A. PESTAÑA ARCHIVO

En esta pestaña está integrada por Nuevo, Exportar e Imprimir.

A.1 VENTANA “NUEVO”

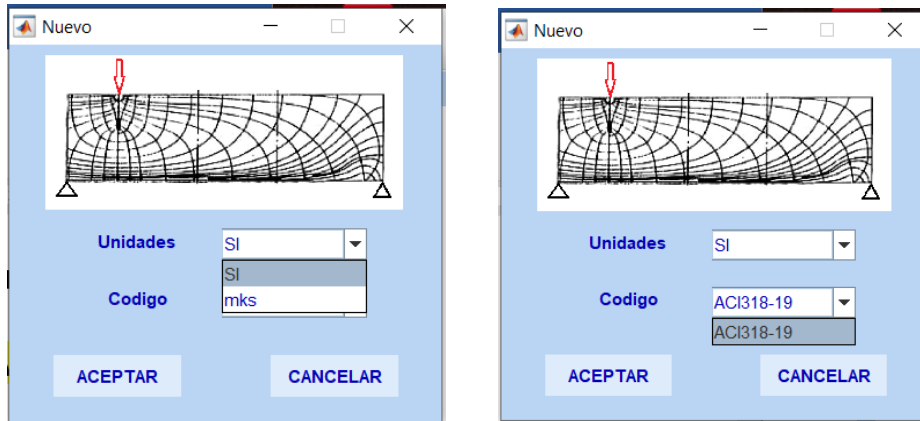
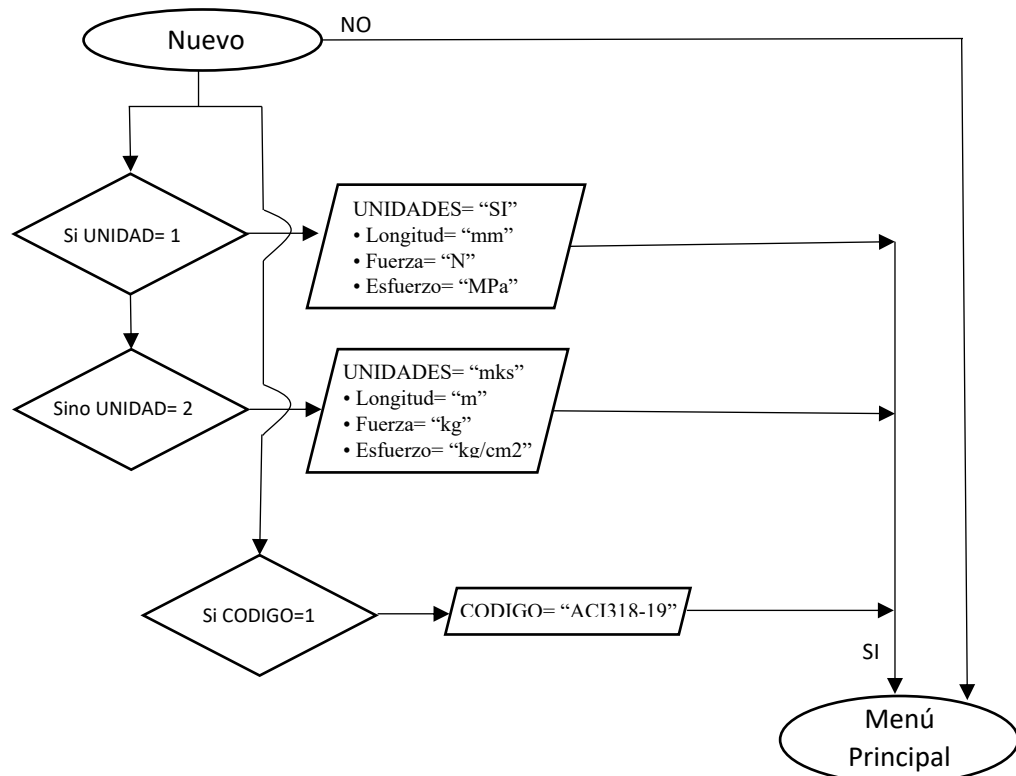


Fig. 45. Ventana Nuevo – AmDIS ESTRUCTURAL

Diagrama de Flujo:





B. PESTAÑA DEFINIR

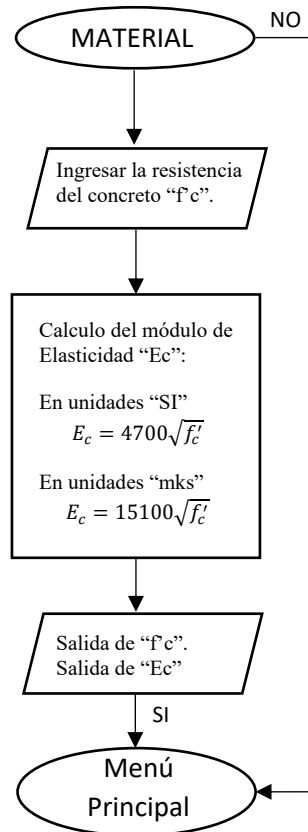
En esta pestaña esta integrada por las ventanas **Material**, **Region D** y **Modelo Puntal Tensor**.

B.1 VENTANA “MATERIAL”



Fig. 46. Ventana Material – AmDIS ESTRUCTURAL

Diagrama de Flujo:





B.2 VENTANA “REGION D”

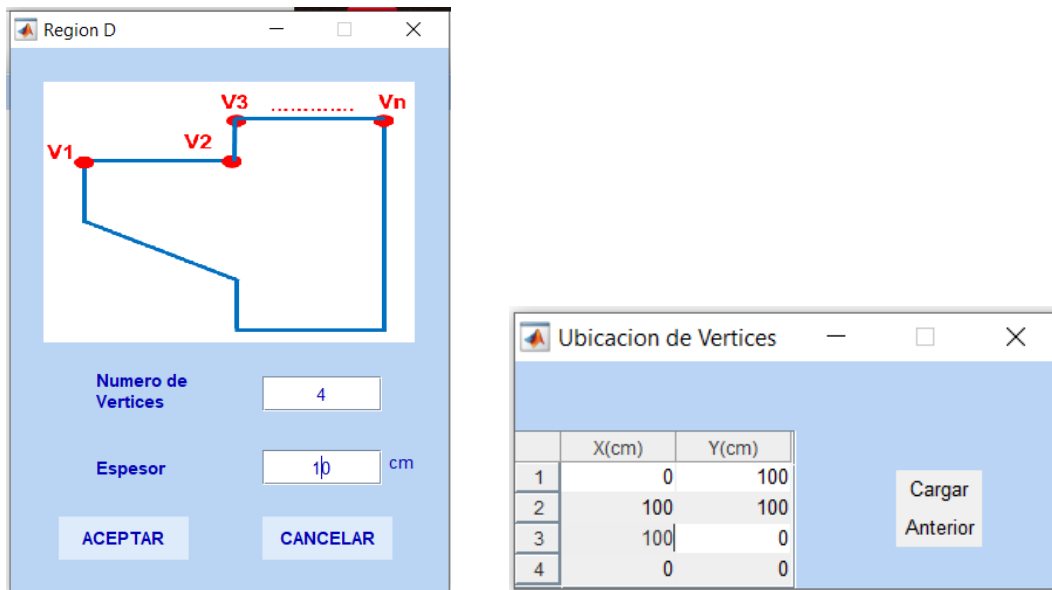
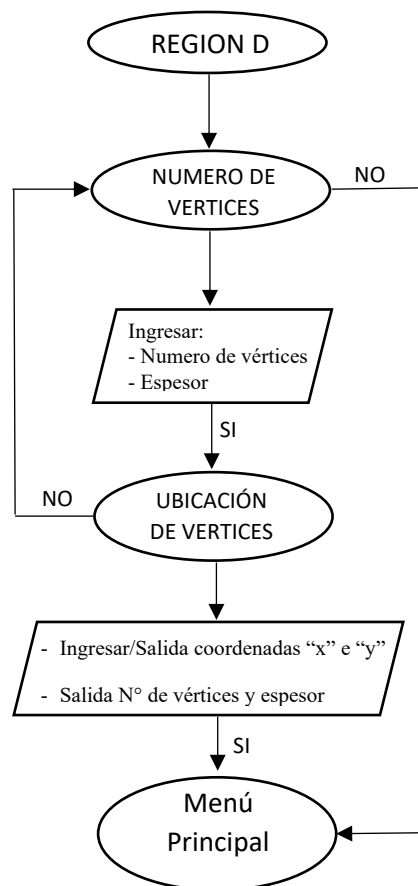


Fig. 47. Ventana Región D – AmDIS ESTRUCTURAL

Diagrama de flujo:





B.3 VENTANA “MODELO PUNTAL TENSOR”

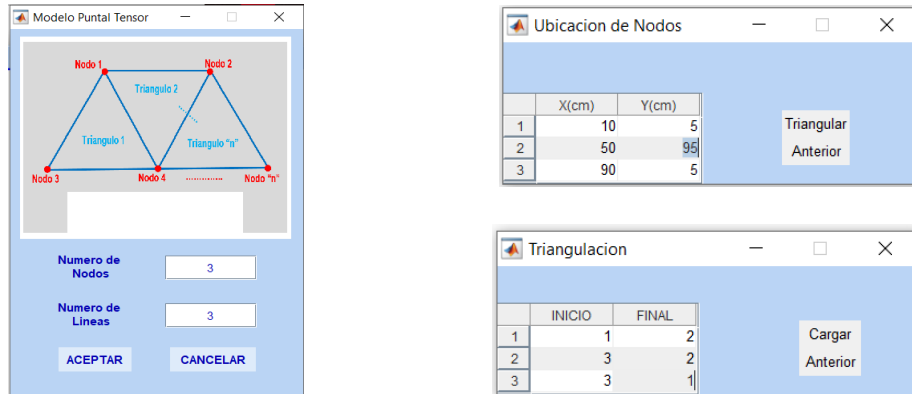
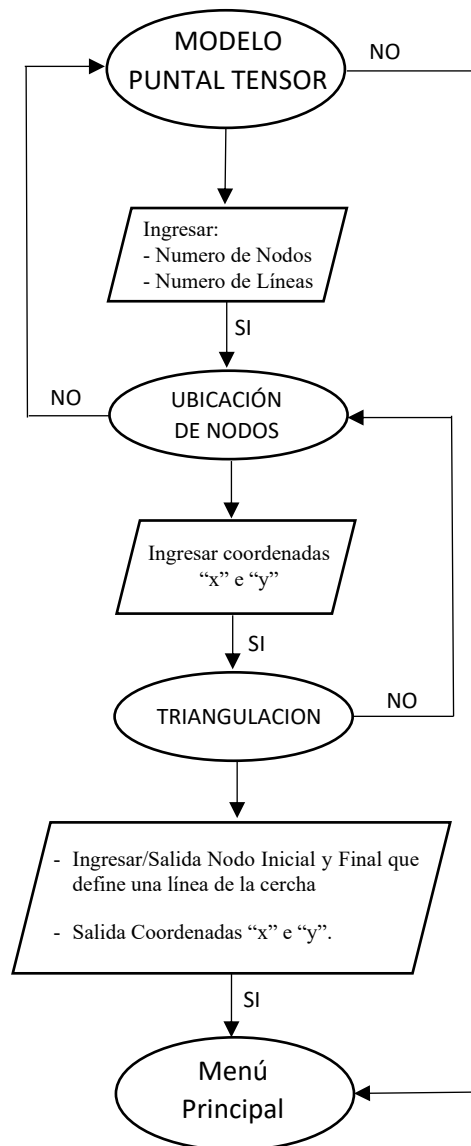


Fig. 48. Ventana Modelo Puntal Tensor – AmDIS ESTRUCTURAL

Diagrama de flujo:





C. PESTAÑA EDICION

En esta pestaña está integrada por la ventana **Modificar Geometría** en la cual existe dos opciones para realizar los cambios, las cuales son **Modificar Malla** y **Modificar Todo**.

C.1 VENTANA “MODIFICAR GEOMETRIA”

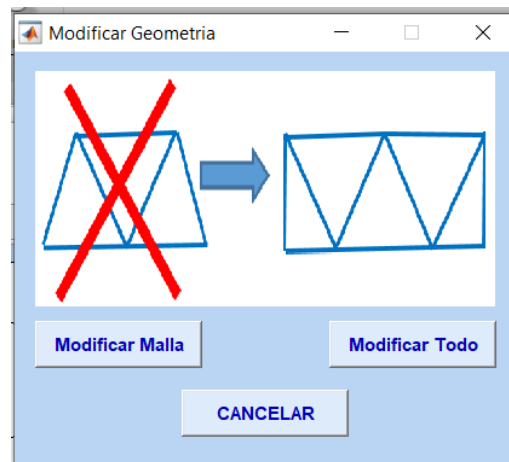
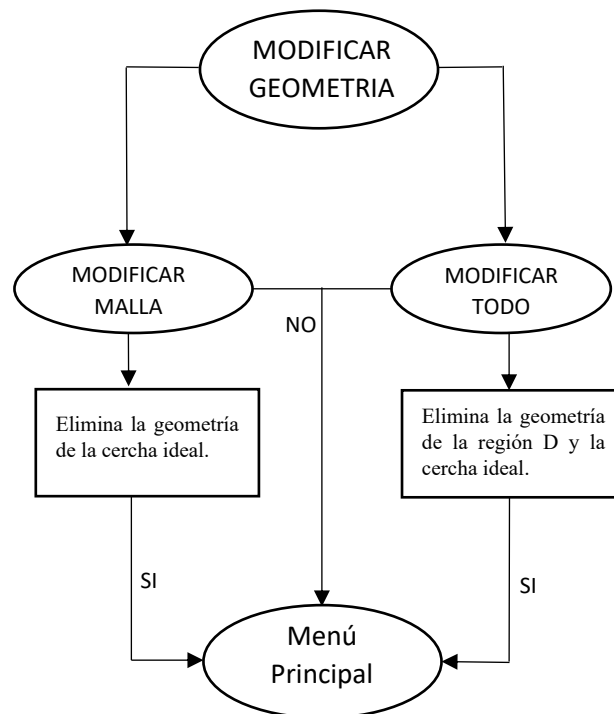


Fig. 49. Ventana Modificar Geometría – AmDIS ESTRUCTURAL

Diagrama de flujo:





D. PESTAÑA ASIGNAR

En esta pestaña está integrada por las ventanas **Restricciones** y **Carga Puntual**.

D.1 VENTANA “RESTRICCIONES”

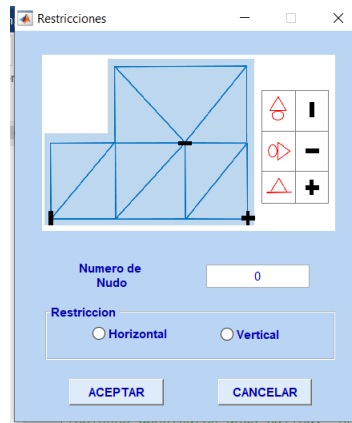
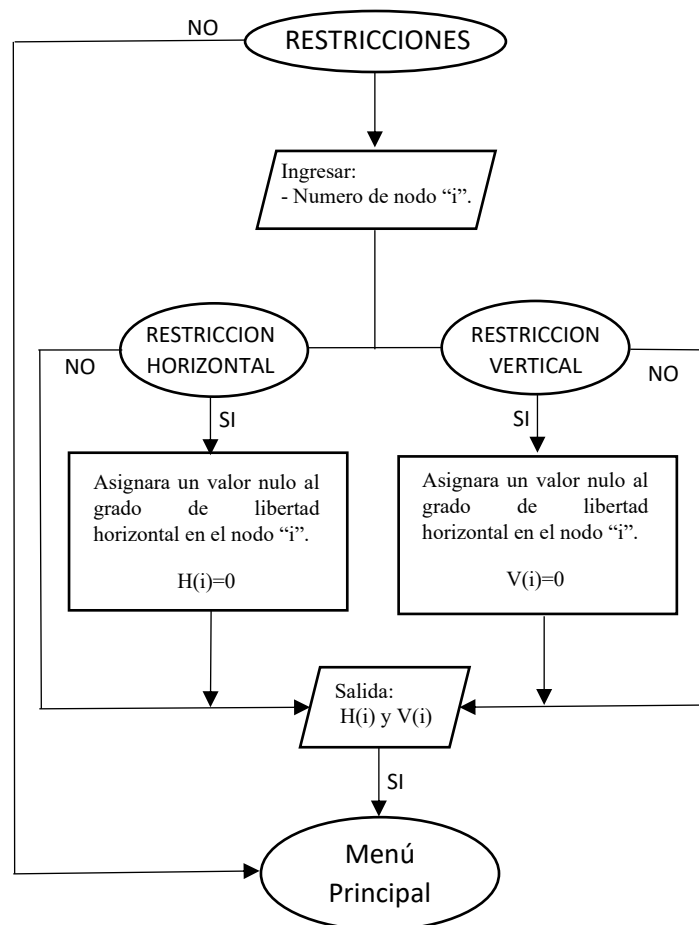


Fig. 50. Ventana Restricciones – AmDIS ESTRUCTURAL

Diagrama de flujo:





D.2 VENTANA “CARGA PUNTUAL”

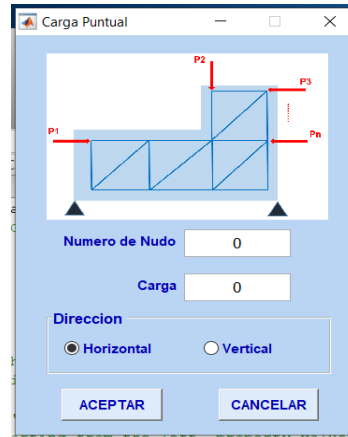
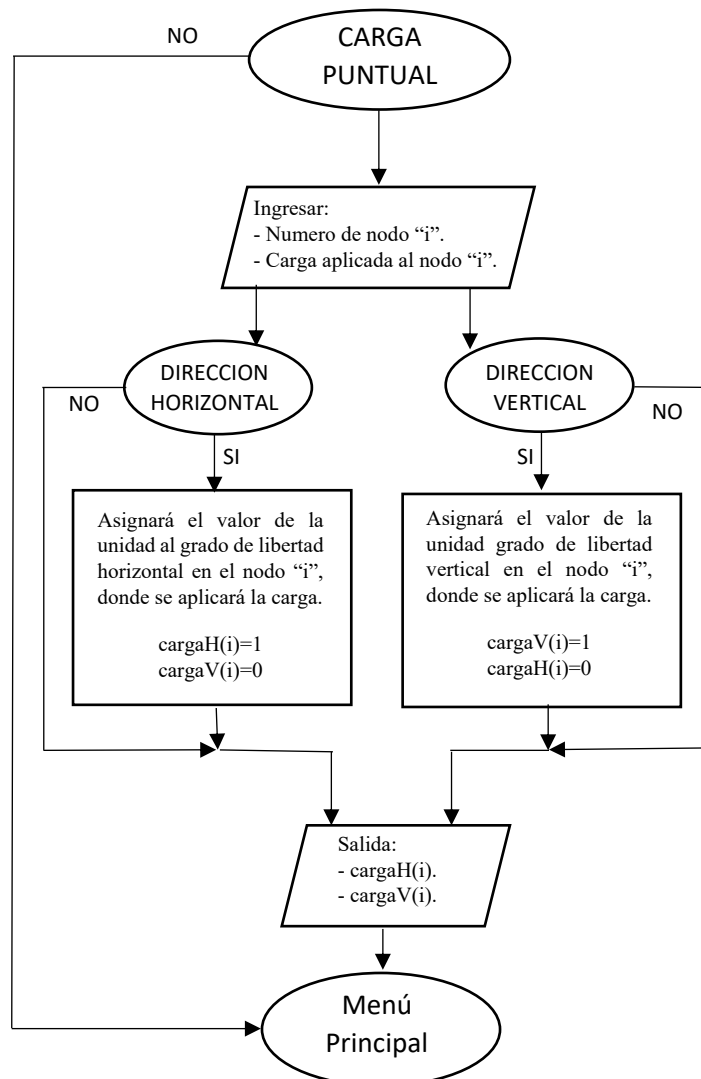


Fig. 51. Ventana Carga Puntual – AmDIS ESTRUCTURAL

Diagrama de flujo:





E. PESTAÑA CALCULO

En esta pestaña está integrada por las ventanas **Análisis**, **Control de Nudos** y **Control de Puntos**

E.1 VENTANA “ANALISIS”

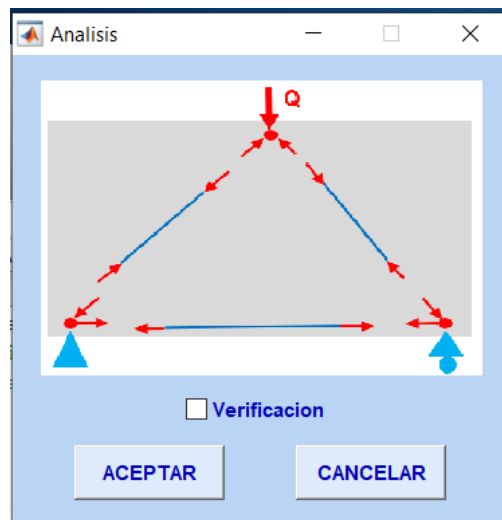
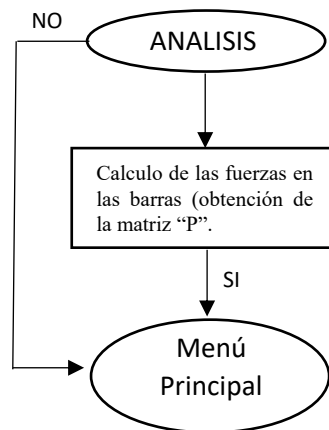


Fig. 52. Ventana Análisis – AmDIS ESTRUCTURAL

Diagrama de flujo:





E.2 VENTANA “CONTROL DE NUDOS”

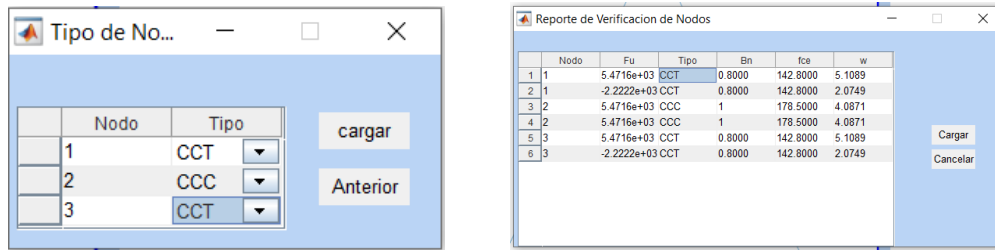
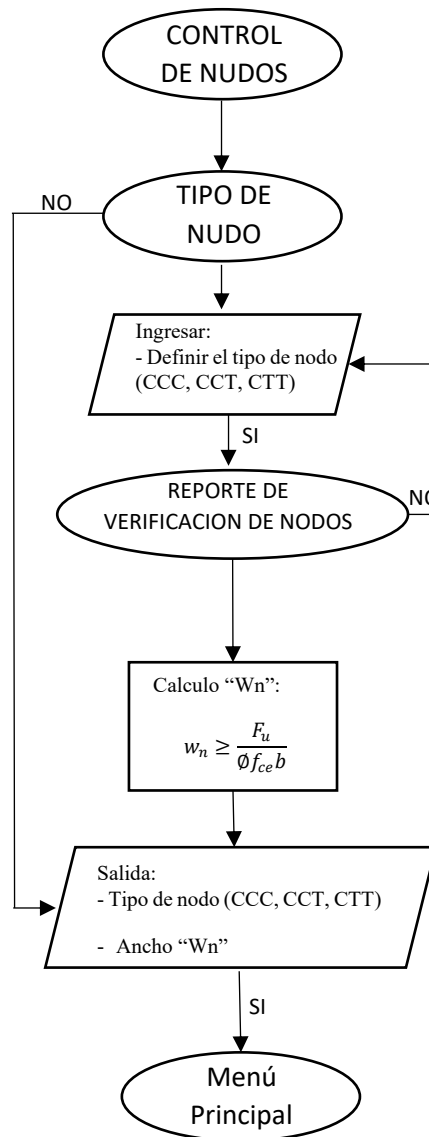


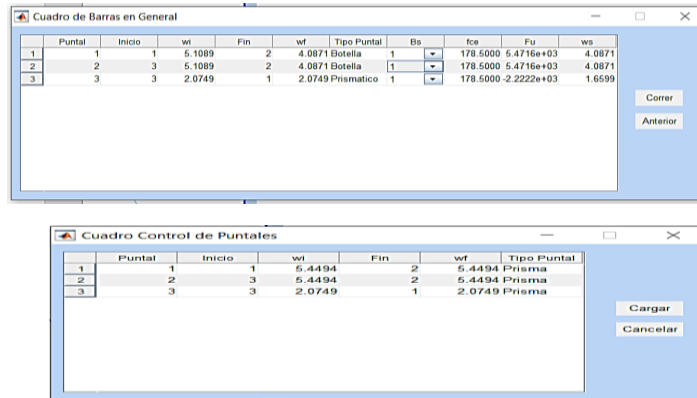
Fig. 53. Ventana Control de Nudos – AmdIS ESTRUCTURAL

Diagrama de flujo:





E.3 VENTANA “CONTROL DE PUNTALES



Cuadro de Barras en General

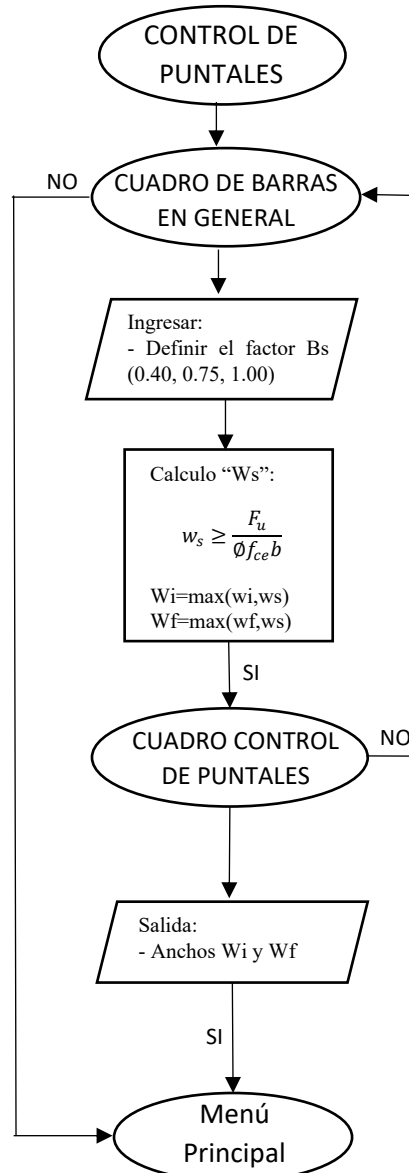
| Puntal | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo Puntal | Bs | fca | Fu | ws |
|--------|--------|----|--------|----|-------------------|----|----------|------------|--------|
| 1 | 1 | 1 | 5.1089 | 2 | 4.0871 Botella | 1 | 178.5000 | 5.4716e+03 | 4.0871 |
| 2 | 2 | 3 | 5.1089 | 2 | 4.0871 Botella | 1 | 178.5000 | 5.4716e+03 | 4.0871 |
| 3 | 3 | 3 | 2.0749 | 1 | 2.0749 Prismatico | 1 | 178.5000 | -2.222e+03 | 1.6599 |

Cuadro Control de Puntales

| Puntal | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo Puntal |
|--------|--------|----|--------|----|---------------|
| 1 | 1 | 1 | 5.4494 | 2 | 5.4494 Prisma |
| 2 | 2 | 3 | 5.4494 | 2 | 5.4494 Prisma |
| 3 | 3 | 3 | 2.0749 | 1 | 2.0749 Prisma |

Fig. 54. Ventana Control de Puntales – AmdIS ESTRUCTURAL

Diagrama de flujo:

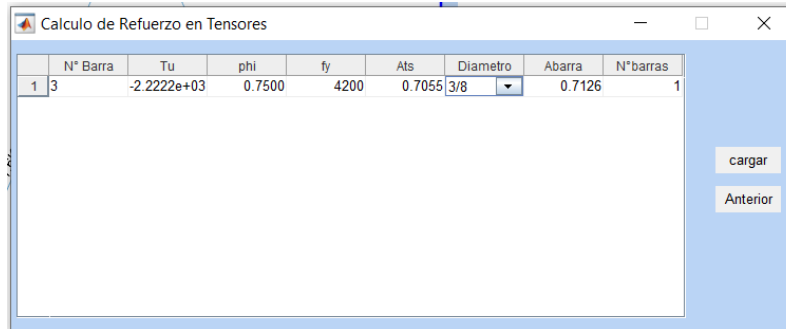




F. PESTAÑA REFUERZOS

En esta pestaña está integrada por las ventanas **Acero en Tensores** y **Acero Mínimo**.

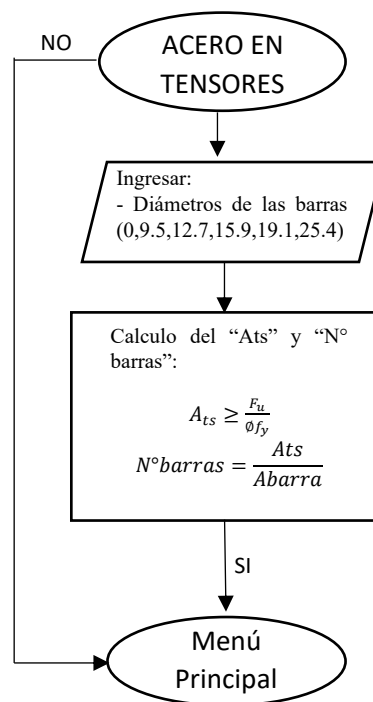
F.1 VENTANA “ACERO EN TENSORES”



| | N° Barra | Tu | phi | fy | Ats | Diametro | Abarra | N°barras |
|---|----------|-------------|--------|------|--------|----------|--------|----------|
| 1 | 3 | -2.2222e+03 | 0.7500 | 4200 | 0.7055 | 3/8 | 0.7126 | 1 |

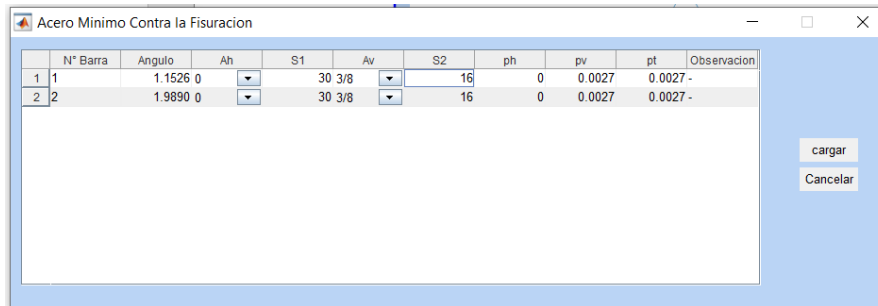
Fig. 55. Ventana Acero en Tensores – AmDIS ESTRUCTURAL

Diagrama de flujo:





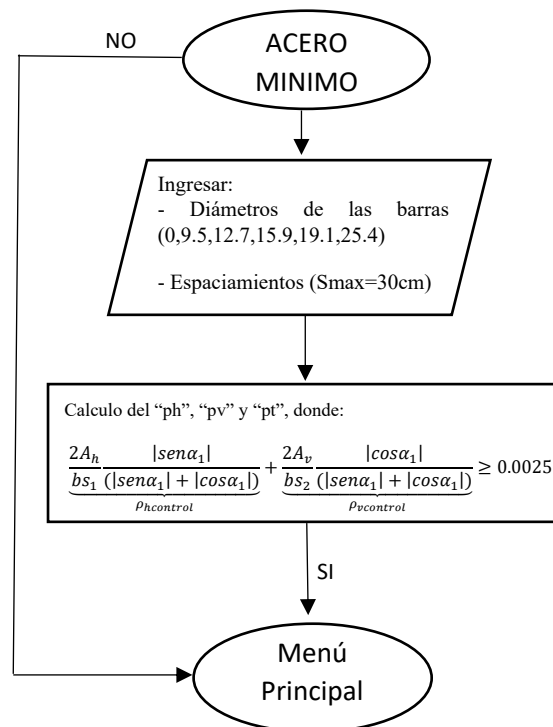
F.2 VENTANA “ACERO MINIMO”



| N° Barra | Angulo | Ah | S1 | Av | S2 | ph | pv | pt | Observacion |
|----------|----------|----|--------|----|----|----|--------|--------|-------------|
| 1 | 1.1526 0 | | 30 3/8 | | 16 | 0 | 0.0027 | 0.0027 | - |
| 2 | 1.9890 0 | | 30 3/8 | | 16 | 0 | 0.0027 | 0.0027 | - |

Fig. 56. Ventana Acero Mínimo – AmDIS ESTRUCTURAL

Diagrama de flujo:





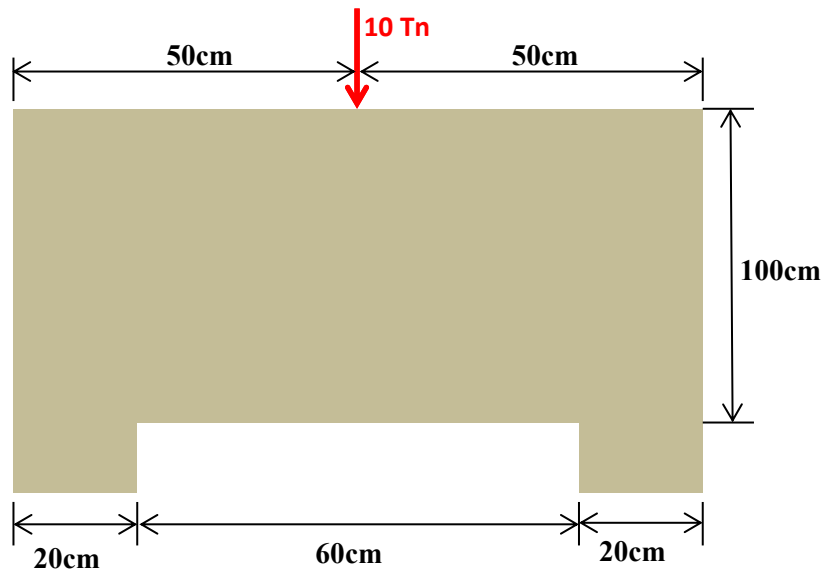
CAPITULO VI:

"VALIDACION Y PRUEBAS DEL PROGRAMA"

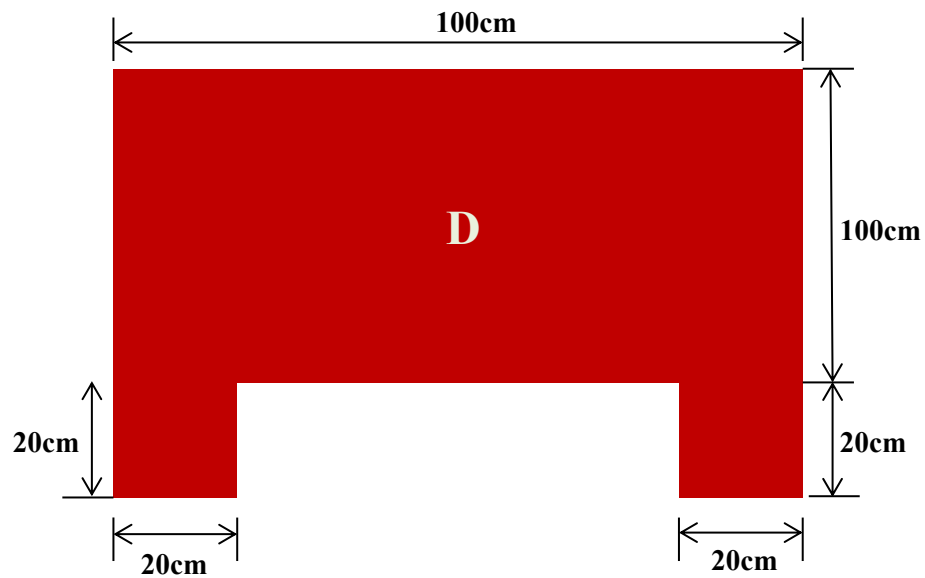
6.1. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO EN VIGA DE GRAN ALTURA

6.1.1 SOLUCION ANALITICA

Sea la siguiente viga de gran altura que soporta una carga puntual en su parte central ($f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $b=10\text{cm}$).

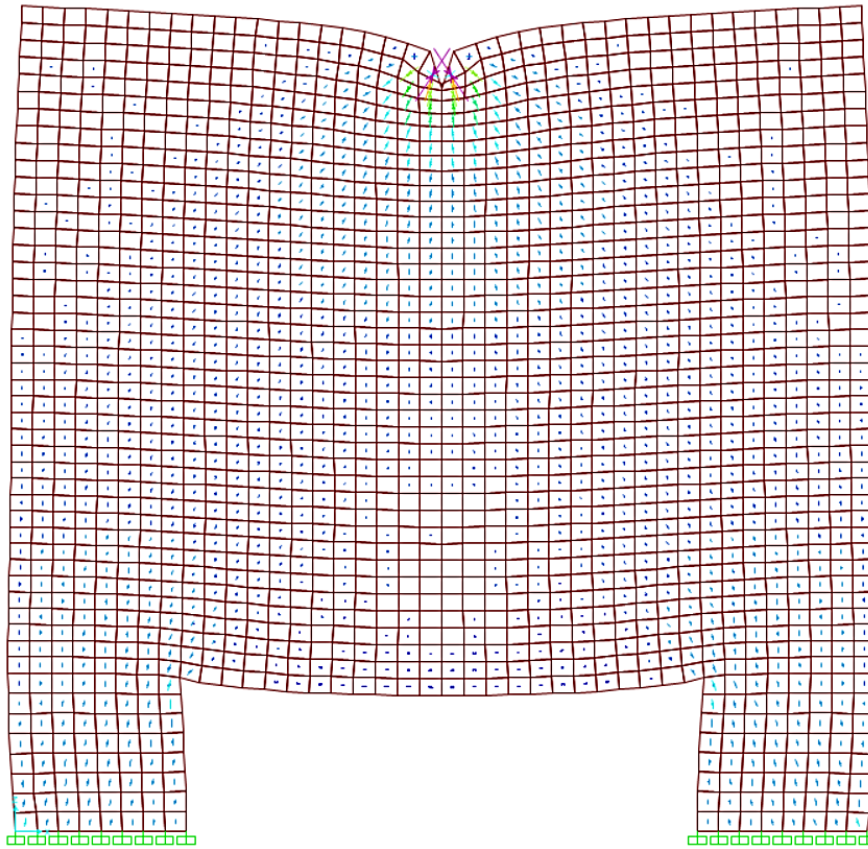


A. DEFINIMOS LAS ZONAS DE DISCONTINUIDAD O REGION D.



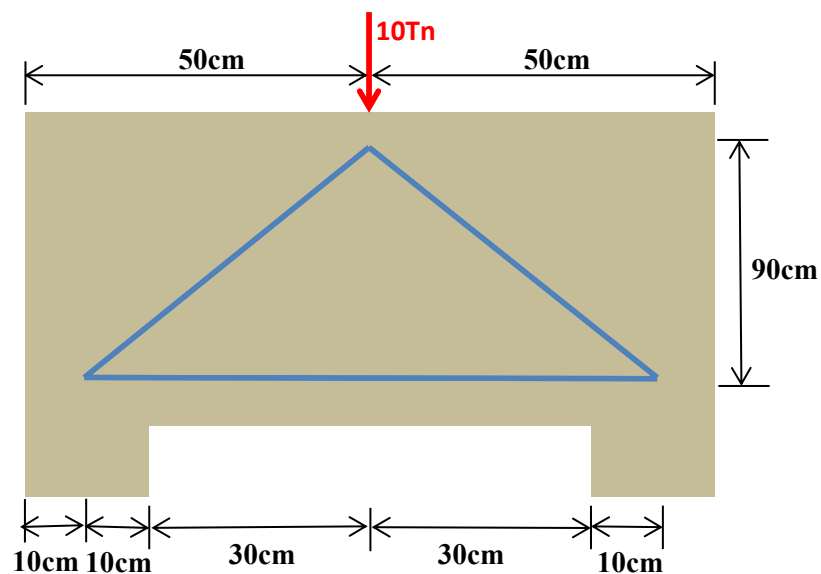


B. DEFINIMOS EL FLUJO DE TENSIONES INTERNAS



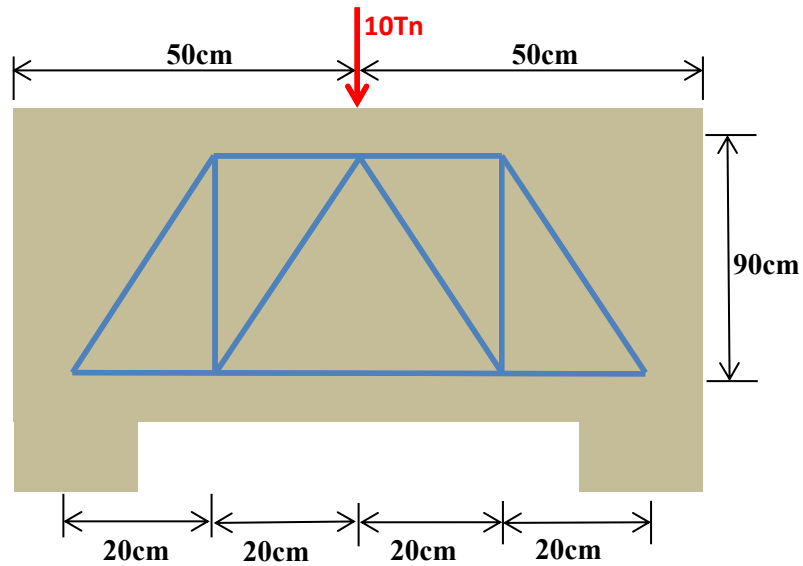
C. DEFINIMOS EL MODELO PUNTAL TENSOR.

PRIMER MODELO

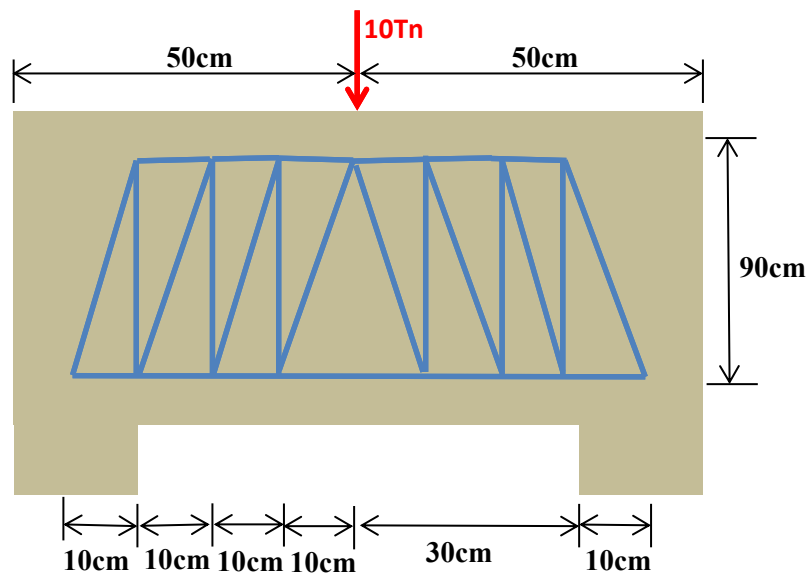




SEGUNDO MODELO

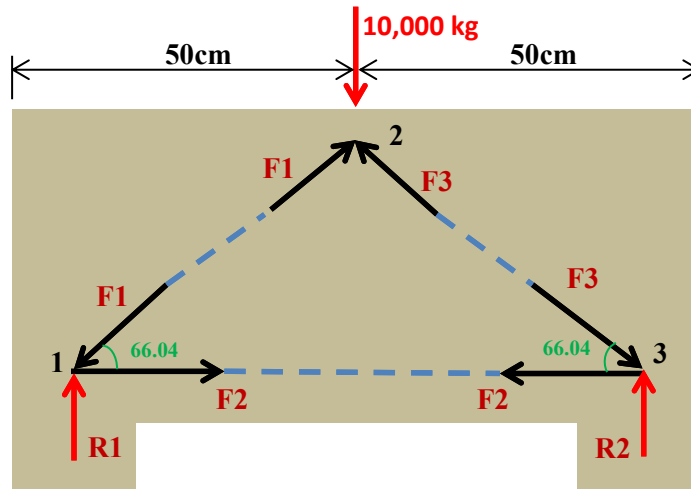


TERCER MODELO





D. CALCULAMOS LAS FUERZAS EN CADA BARRA



| | |
|---|--|
| <p><u>Nudo "2":</u> $F_1 \cos 66.04 = F_3 \cos 66.04$ $F_1 = F_3$ $F_1 \sin 66.04 + F_3 \sin 66.04 = 10,000$ $F_1 = F_3 = 5471.48 \text{ kg}$</p> | <p><u>Nudo "1":</u> $F_1 \sin 66.04 = R_1$ $R_1 = 5000 \text{ kg}$ $F_1 \cos 66.04 = F_2$ $F_2 = 2221.96 \text{ kg}$</p> |
|---|--|

Finalmente, los resultados del análisis serán:

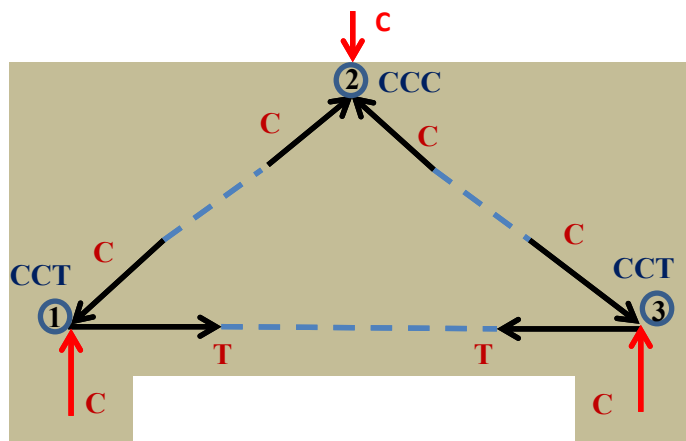
$$F_1 = 5471.48 \text{ kg}$$

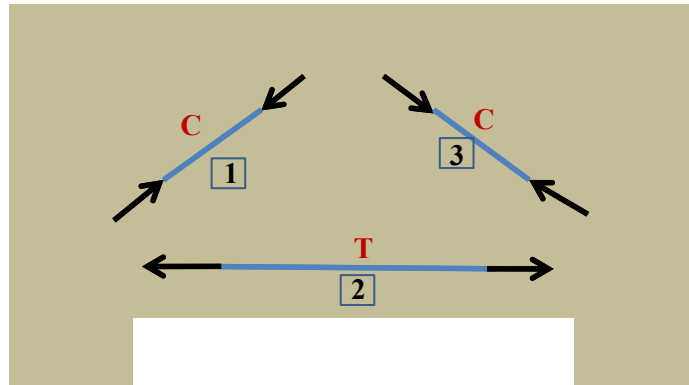
$$F_2 = 2221.96 \text{ kg}$$

$$F_3 = 5471.48 \text{ kg}$$

E. CONTROL DE NODOS

Sabemos del análisis que:





Sabemos que:

$$w_n \geq \frac{F_u}{\phi f_{ce} b}$$

$$f_{ce} = 0.85 \beta_n f'_c$$

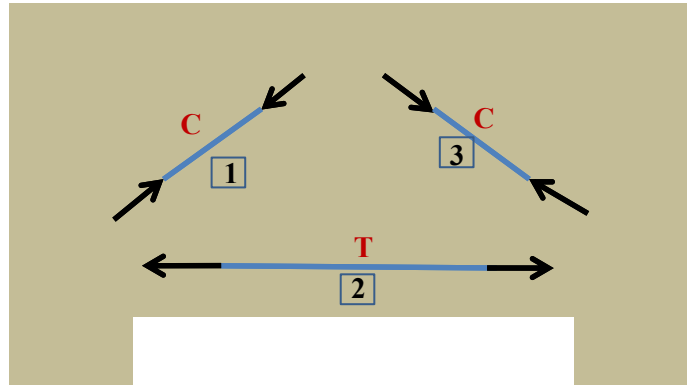
| BARRA | NODO INICIO | Fu(kg) | TIPO | Bn | fce(kg/cm2) | Wni(cm) |
|-------|-------------|---------|------|------|-------------|---------|
| 1 | 1 | 5471.48 | CCT | 0.80 | 142.8 | 5.11 |
| 2 | 1 | 2221.96 | CCT | 0.80 | 142.8 | 2.08 |
| 3 | 2 | 5471.48 | CCC | 1.00 | 178.5 | 4.09 |

| BARRA | NODO FINAL | Fu(kg) | TIPO | Bn | fce(kg/cm2) | Wnf(cm) |
|-------|------------|---------|------|------|-------------|---------|
| 1 | 2 | 5471.48 | CCC | 1.00 | 178.5 | 4.09 |
| 2 | 3 | 2221.96 | CCT | 0.80 | 142.8 | 2.08 |
| 3 | 3 | 5471.48 | CCT | 0.80 | 142.8 | 5.11 |



F. CONTROL DE PUNTALES

Sabemos del análisis que:



Sabemos que:

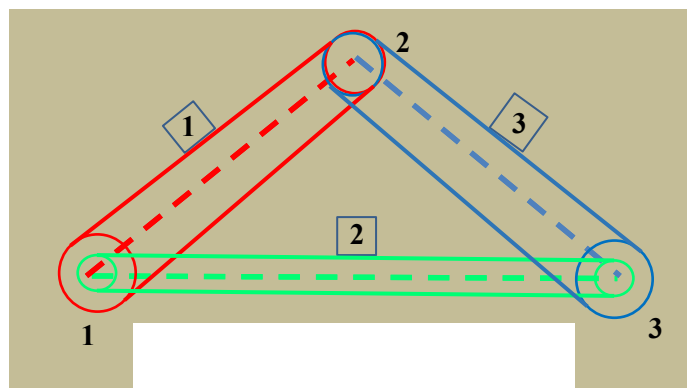
$$w_s \geq \frac{F_u}{\phi f_{ce} b}, \quad w_t = \frac{F_u}{\phi f_{ce} b}, \quad f_{ce} = 0.85 \beta_s f'_c$$

| Barra | Bs | fce(kg/cm ²) | Fu(kg) | Ws(cm) |
|-------|------|--------------------------|---------------|--------|
| 1 | 1.00 | 178.50 | 5471.48 (C) | 4.09 |
| 2 | 1.00 | 178.50 | 2221.96 (T) | 1.66 |
| 3 | 1.00 | 178.50 | 5471.48 (C) | 4.09 |

G. GRÁFICO DE ZONAS NODALES

Los anchos máximos finales serán:

| BARRA | INICIO | Wi (cm) | FIN | Wf(cm) | TIPO | COLOR |
|-------|--------|---------|-----|--------|------------|-------|
| 1 | 1 | 5.11 | 2 | 4.09 | Botella | Rojo |
| 2 | 1 | 2.08 | 3 | 2.08 | Prismático | Verde |
| 3 | 2 | 4.09 | 3 | 5.11 | Botella | Azul |





Entonces:

Refuerzo en dos direcciones ortogonales:

| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρ_h | ρ_v | ρ_t |
|--------|----------|------------|--------|------------|--------|----------|----------|---------------|
| 1 | 66.04 | 3/8"(0.71) | 30 | 3/8"(0.71) | 30 | 0.0033 | 0.0015 | 0.0048>0.0025 |
| 3 | 113.96 | 3/8"(0.71) | 30 | 3/8"(0.71) | 30 | 0.0033 | 0.0015 | 0.0048>0.0025 |

Refuerzo en una sola dirección (Horizontal):

| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρ_h | ρ_v | ρ_t |
|--------|----------|------------|--------|----|--------|----------|----------|---------------|
| 1 | 66.04 | 3/8"(0.71) | 30 | 0 | 30 | 0.0033 | 0 | 0.0033>0.0025 |
| 3 | 113.96 | 3/8"(0.71) | 30 | 0 | 30 | 0.0033 | 0 | 0.0033>0.0025 |

Refuerzo en una sola dirección (Vertical):

| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρ_h | ρ_v | ρ_t |
|--------|----------|----|--------|------------|--------|----------|----------|---------------|
| 1 | 66.04 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 30 | 0 | 0.0015 | 0.0015<0.0025 |
| 3 | 113.96 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 30 | 0 | 0.0015 | 0.0015<0.0025 |

| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρ_h | ρ_v | ρ_t |
|--------|----------|----|--------|------------|--------|----------|----------|---------------|
| 1 | 66.04 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 16 | 0 | 0.0027 | 0.0027>0.0025 |
| 3 | 113.96 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 16 | 0 | 0.0027 | 0.0027>0.0025 |

Finalmente, los casos óptimos serán con refuerzo en una sola dirección (horizontal o vertical), el cual cumple la cuantía mayor a 0.0025:

| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρ_h | ρ_v | ρ_t |
|--------|----------|------------|--------|----|--------|----------|----------|---------------|
| 1 | 66.04 | 3/8"(0.71) | 30 | 0 | 30 | 0.0033 | 0 | 0.0033>0.0025 |
| 3 | 113.96 | 3/8"(0.71) | 30 | 0 | 30 | 0.0033 | 0 | 0.0033>0.0025 |

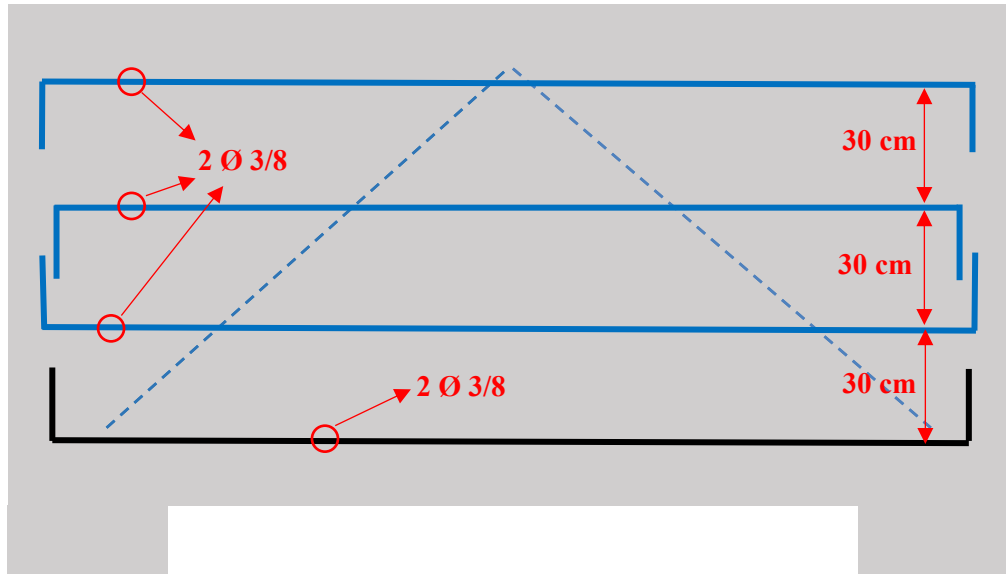
| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρ_h | ρ_v | ρ_t |
|--------|----------|----|--------|------------|--------|----------|----------|---------------|
| 1 | 66.04 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 16 | 0 | 0.0027 | 0.0027>0.0025 |
| 3 | 113.96 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 16 | 0 | 0.0027 | 0.0027>0.0025 |



J. CONFIGURACION DE REFUERZOS

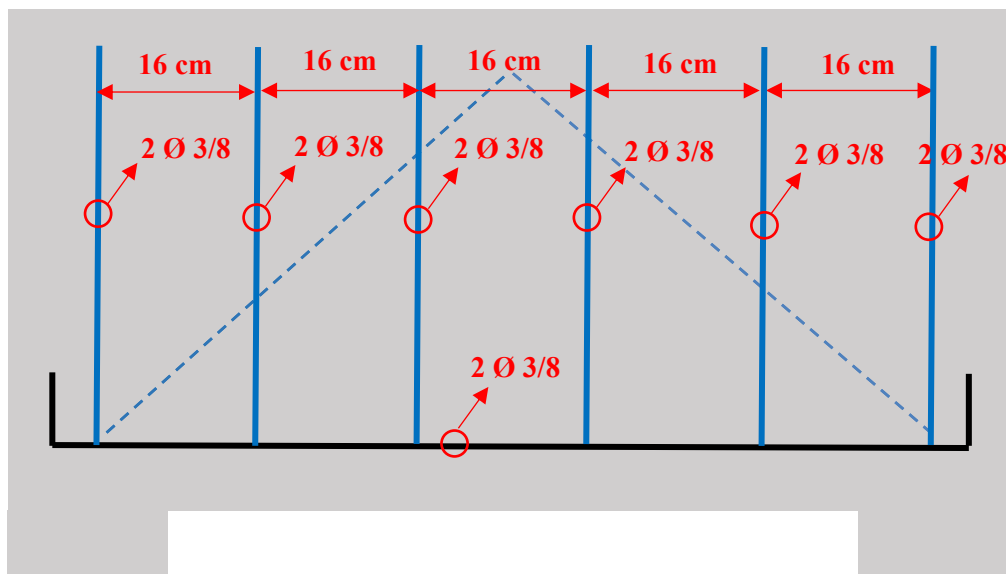
Los refuerzos se colocarán de la siguiente forma:

Configuración en una dirección Horizontal.



Como podemos observar de la forma que se presenta constructivamente no es posible armar la configuración

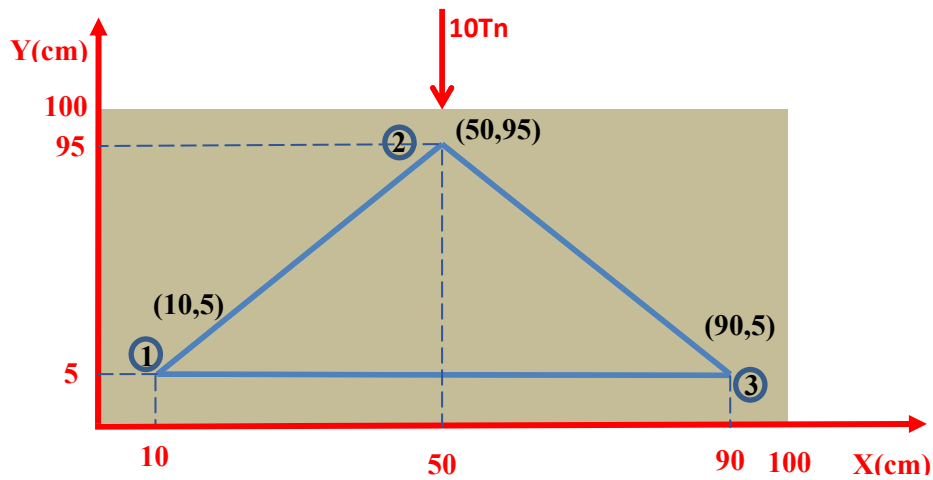
Configuración en una dirección vertical



Constructivamente es más favorable en su armado.



6.1.2 SOLUCION ALGORITMICA - MATRICIAL



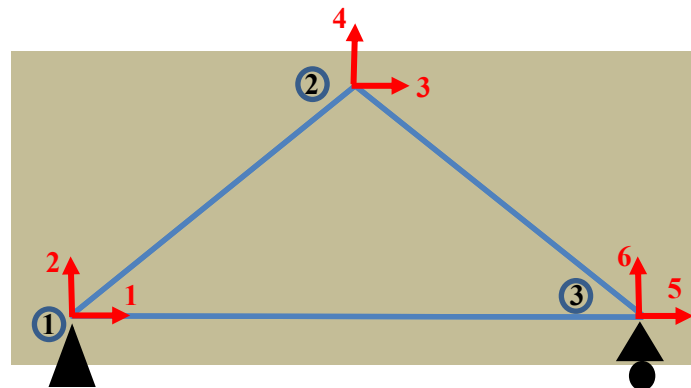
A. SOLUCION DE LA CERCHA TEORICA (ARAMADURA)

- Vectores de la geometría de los nudos de la cercha

$$X = [10 \ 50 \ 90]$$

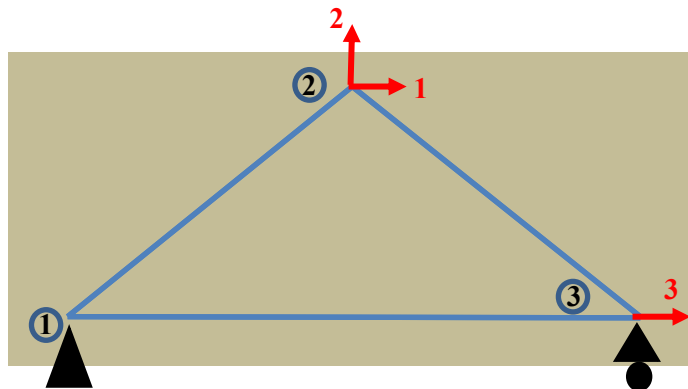
$$Y = [5 \ 95 \ 5]$$

- Vector de grados de libertad (se asigna ceros a los GDL restringidos)



$$GDL = [0 \ 0 \ 3 \ 4 \ 5 \ 0]$$

- Vector Carga



$$Q = [0 \ -10,000 \ 0]$$

- Definimos la matriz triangulación o formación de cerchas:

$$t = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 2 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$$

- Definimos la matriz base de ceros para la matriz “A”.

$$n=3, b=3$$

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

- Definimos la matriz de nudos

| | |
|------------------------|------------------------|
| para i=1:n | para i=1:3 |
| N(:, :, i)=[x(i) y(i)] | N(:, :, i)=[x(i) y(i)] |
| fin | fin |

| | |
|-----|---|
| i=1 | N(:, :, 1)=[x(1) y(1)] → N(:, :, 1)=[10 5] |
| i=2 | N(:, :, 2)=[x(2) y(2)] → N(:, :, 2)=[50 95] |
| i=3 | N(:, :, 3)=[x(3) y(3)] → N(:, :, 3)=[90 5] |



- Definimos la matriz de barras

Sabemos de los pasos anteriores

$$t = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 2 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$$

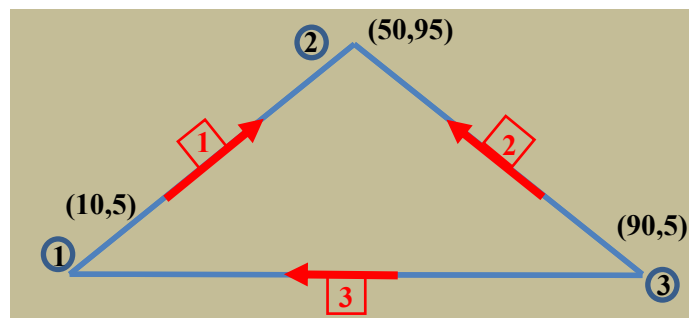
Luego:

| | |
|--|--|
| <pre> para i=1:b N1(:, :, i)=N(:, :, t(i,1)) N2(:, :, i)=N(:, :, t(i,2)) B(:, :, i)=[N1(:, :, i) ; N2(:, :, i)] fin </pre> | <pre> para i=1:3 N1(:, :, i)=N(:, :, t(i,1)) N2(:, :, i)=N(:, :, t(i,2)) B(:, :, i)=[N1(:, :, i) ; N2(:, :, i)] fin </pre> |
|--|--|

| | $N1(:, :, i)=N(:, :, t(i,1))$ | $N2(:, :, i)=N(:, :, t(i,2))$ | $B(:, :, i)=[N1(:, :, i) ; N2(:, :, i)]$ |
|-----|---|--|---|
| i=1 | $N1(:, :, 1)=N(:, :, t(1,1))$ $N1(:, :, 1)=N(:, :, 1)$ $N1(:, :, 1)=[10 \ 5]$ | $N2(:, :, 1)=N(:, :, t(1,2))$ $N2(:, :, 1)=N(:, :, 2)$ $N2(:, :, 1)=[50 \ 95]$ | $B(:, :, 1)=[N1(:, :, 1) ; N2(:, :, 1)]$ $B(:, :, 1)=[[10 \ 5] ; [50 \ 95]]$ |
| i=2 | $N1(:, :, 2)=N(:, :, t(2,1))$ $N1(:, :, 2)=N(:, :, 3)$ $N1(:, :, 2)=[90 \ 5]$ | $N2(:, :, 2)=N(:, :, t(2,2))$ $N2(:, :, 2)=N(:, :, 2)$ $N2(:, :, 2)=[50 \ 95]$ | $B(:, :, 2)=[N1(:, :, 2) ; N2(:, :, 2)]$ $B(:, :, 2)=[[90 \ 5] ; [50 \ 95]]$ |
| i=3 | $N1(:, :, 3)=N(:, :, t(3,1))$ $N1(:, :, 3)=N(:, :, 3)$ $N1(:, :, 3)=[90 \ 5]$ | $N2(:, :, 3)=N(:, :, t(3,2))$ $N2(:, :, 3)=N(:, :, 1)$ $N2(:, :, 3)=[10 \ 5]$ | $B(:, :, 3)=[N1(:, :, 3) ; N2(:, :, 3)]$ $B(:, :, 3)=[[90 \ 5] ; [10 \ 5]]$ |

Luego:

| | | |
|------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| $N1(:, :, 1)=[10 \ 5]$ | $N2(:, :, 1)=[50 \ 95]$ | $B(:, :, 1)=[[10 \ 5] ; [50 \ 95]]$ |
| $N1(:, :, 2)=[90 \ 5]$ | $N2(:, :, 2)=[50 \ 95]$ | $B(:, :, 2)=[[90 \ 5] ; [50 \ 95]]$ |
| $N1(:, :, 3)=[90 \ 5]$ | $N2(:, :, 3)=[10 \ 5]$ | $B(:, :, 3)=[[90 \ 5] ; [10 \ 5]]$ |





- Definimos las barras en posición normal y la longitud de las barras.

| | |
|--|--|
| para i=1:b $br(:, : , i) = B(2, : , i) - B(1, : , i)$ $L(i) = \sqrt{(br(1,1,i))^2 + (br(1,2,i))^2}$ fin | para i=1:3 $br(:, : , i) = B(2, : , i) - B(1, : , i)$ $L(i) = \sqrt{(br(1,1,i))^2 + (br(1,2,i))^2}$ fin |
|--|--|

| | | |
|-----|--|---|
| | $br(:, : , i) = B(2, : , i) - B(1, : , i)$ | $L(i) = \sqrt{(br(1,1,i))^2 + (br(1,2,i))^2}$ |
| i=1 | $br(:, : , 1) = B(2, : , 1) - B(1, : , 1)$ $br(:, : , 1) = [50 \ 95] - [10 \ 5]$ $br(:, : , 1) = [40 \ 90]$ | $L(1) = \sqrt{(br(1,1,1))^2 + (br(1,2,1))^2}$ $L(1) = \sqrt{(40)^2 + (90)^2}$ $L(1) = 98.49cm$ |
| i=2 | $br(:, : , 2) = B(2, : , 2) - B(1, : , 2)$ $br(:, : , 2) = [50 \ 95] - [90 \ 5]$ $br(:, : , 2) = [-40 \ 90]$ | $L(2) = \sqrt{(br(1,1,2))^2 + (br(1,2,2))^2}$ $L(2) = \sqrt{(-40)^2 + (90)^2}$ $L(2) = 98.49cm$ |
| i=3 | $br(:, : , 3) = B(2, : , 3) - B(1, : , 3)$ $br(:, : , 3) = [10 \ 5] - [90 \ 5]$ $br(:, : , 3) = [-80 \ 0]$ | $L(3) = \sqrt{(br(1,1,3))^2 + (br(1,2,3))^2}$ $L(3) = \sqrt{(-80)^2 + (0)^2}$ $L(3) = 80cm$ |

| | | |
|-------|-------|------|
| L(1) | L(2) | L(3) |
| 98.49 | 98.49 | 80 |

- Angulo que forman las barras con la Horizontal

| | |
|--|--|
| para i=1:b $\alpha(i) = \tan^{-1}(br(:, : , 2) / br(:, : , 1))$ $\text{angulo}(i, 1) = \alpha(i)$ fin | para i=1:3 $\alpha(i) = \tan^{-1}(br(:, : , 2) / br(:, : , 1))$ $\text{angulo}(i, 1) = \alpha(i)$ fin |
|--|--|

| | | |
|-----|---|---|
| | $\alpha(i) = \tan^{-1}(br(:, : , 2) / br(:, : , 1))$ | $\text{angulo}(i, 1) = \alpha(i)$ |
| i=1 | $\alpha(1) = \tan^{-1}(br(:, : , 2) / br(:, : , 1))$ $\alpha(1) = \tan^{-1}(90/40)$ $\alpha(1) = 66.04$ | $\text{angulo}(1, 1) = \alpha(1)$ $\text{angulo}(1, 1) = 66.04$ |
| i=2 | $\alpha(2) = \tan^{-1}(br(:, : , 2) / br(:, : , 1))$ $\alpha(2) = \tan^{-1}(90/-40)$ $\alpha(2) = 113.96$ | $\text{angulo}(2, 1) = \alpha(2)$ $\text{angulo}(2, 1) = 113.96$ |
| i=3 | $\alpha(3) = \tan^{-1}(br(:, : , 2) / br(:, : , 1))$ $\alpha(3) = \tan^{-1}(0/-80)$ $\alpha(3) = 180$ | $\text{angulo}(3, 1) = \alpha(3)$ $\text{angulo}(3, 1) = 180$ |



| | |
|----------------|--------------------|
| alfa(1)=66.04 | angulo(1,1)=66.04 |
| alfa(2)=113.96 | angulo(2,1)=113.96 |
| alfa(3)=180 | angulo(3,1)=180 |

- Definimos los grados de libertad

| | |
|--|---|
| para i=1:n H(2i-1)=2i-1 V(2i)=2i fin H(2n)=0 | para i=1:3 H(2i-1)=2i-1 V(2i)=2i fin H(6)=0 |
|--|---|

| | | |
|-----|--------------|----------|
| | H(2i-1)=2i-1 | V(2i)=2i |
| i=1 | H(1)=1 | V(2)=2 |
| i=2 | H(3)=3 | V(4)=4 |
| i=3 | H(5)=5 | V(6)=6 |

Entonces:

$$H = [1 \ 0 \ 3 \ 0 \ 5 \ 0] \quad V = [0 \ 2 \ 0 \ 4 \ 0 \ 6]$$

| H(1) | H(2) | H(3) | H(4) | H(5) | H(6) |
|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0 | 3 | 0 | 5 | 0 |

| V(1) | V(2) | V(3) | V(4) | V(5) | V(6) |
|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 2 | 0 | 4 | 0 | 6 |

- Determinamos la matriz A sin tener presente las restricciones

| | |
|--|---|
| <pre> para i=1:2n para ttt=1:b si H(i)=i j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(i)=i j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) </pre> | <pre> para i=1:6 para ttt=1:3 si H(i)=i j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(i)=i j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) </pre> |
|--|---|



| | |
|--|--|
| <pre> A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin fin </pre> | <pre> A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin fin </pre> |
|--|--|

Sabemos del paso anterior:

| H(1) | H(2) | H(3) | H(4) | H(5) | H(6) |
|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0 | 3 | 0 | 5 | 0 |

| V(1) | V(2) | V(3) | V(4) | V(5) | V(6) |
|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 2 | 0 | 4 | 0 | 6 |

| |
|------------------------|
| $N(:, : ,1)=[10 \ 5]$ |
| $N(:, : ,2)=[50 \ 95]$ |
| $N(:, : ,3)=[90 \ 5]$ |

| | | |
|------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| $N1(:, : ,1)=[10 \ 5]$ | $N2(:, : ,1)=[50 \ 95]$ | $B(:, : ,1)=[[10 \ 5] ; [50 \ 95]]$ |
| $N1(:, : ,2)=[90 \ 5]$ | $N2(:, : ,2)=[50 \ 95]$ | $B(:, : ,2)=[[90 \ 5] ; [50 \ 95]]$ |
| $N1(:, : ,3)=[90 \ 5]$ | $N2(:, : ,3)=[10 \ 5]$ | $B(:, : ,3)=[[90 \ 5] ; [10 \ 5]]$ |

| | |
|-------------------------|-----------------------------|
| $\text{alfa}(1)=66.04$ | $\text{angulo}(1,1)=66.04$ |
| $\text{alfa}(2)=113.96$ | $\text{angulo}(2,1)=113.96$ |
| $\text{alfa}(3)=180$ | $\text{angulo}(3,1)=180$ |

Luego:

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 para ttt=1 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,t) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,t) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin si V(1)=1 </pre> | <pre> para i=1 para ttt=1 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,1) A(1,1)=cos(alfa(1)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : ,1) A(2,i)=cos(alfa(1)) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para ttt=1 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,1) A(1,1)=cos(alfa(1)) fin fin fin Entonces: </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|--|----------------------|--|
| <pre> j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> fin fin </pre> | <p>$A(1,1)=\cos(66.04)$</p> |
|--|----------------------|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 para ttt=2 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(1)=1 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para ttt=2 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,2) A(3,1)=cos(alfa(2)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : ,2) A(4,1)=cos(alfa(2)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 para ttt=3 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(1)=1 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin </pre> | <pre> para i=1 para ttt=3 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,3) A(5,1)=cos(alfa(3)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : ,3) A(6,i)=cos(alfa(3)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para ttt=3 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,1)=N2(:, : ,3) A(6,i)=cos(alfa(3)) fin fin Entonces: A(6,1)=cos(180) </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|-----|--|--|
| fin | | |
|-----|--|--|

| | | |
|--|--|---|
| <pre> para i=2 para ttt=1 si H(2)=2 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(2)=2 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para ttt=1 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : , 1) A(1,2)=sen(alfa(1)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : , 1) A(2,2)=sen(alfa(1)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para ttt=1 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : , 1) A(1,2)=sen(alfa(1)) fin fin fin Entonces: A(1,2)=sen(66.04) </pre> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=2 para ttt=2 si H(2)=2 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(2)=2 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para ttt=2 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : , 2) A(3,2)=sen(alfa(2)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : , 2) A(4,2)=sen(alfa(2)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|---|---|---|
| <pre> para i=2 para ttt=3 si H(2)=2 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) </pre> | <pre> para i=2 para ttt=3 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : , 3) </pre> | <pre> para i=2 para ttt=3 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,1)=N2(:, : , 3) </pre> |
|---|---|---|



| | | |
|--|--|--|
| <pre> A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(2)=2 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> A(5,2)=sen(alfa(3)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : ,3) A(6,2)=sen(alfa(3)) fin fin fin fin fin </pre> | <pre> A(6,2)=sen(alfa(3)) fin fin fin fin Entonces: A(6,2)=sen(180) </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=3 para ttt=1 si H(3)=3 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(3)=3 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para ttt=1 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,1) A(1,3)=cos(alfa(1)) fin si N(:, : ,2)=N2(:, : ,1) A(2,3)=cos(alfa(1)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para ttt=1 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,2)=N2(:, : ,1) A(2,3)=cos(alfa(1)) fin fin fin Entonces: A(2,3)=cos(66.04) </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|---|
| <pre> para i=3 para ttt=2 si H(3)=3 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(3)=3 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) </pre> | <pre> para i=3 para ttt=2 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,2) A(3,3)=cos(alfa(2)) fin si N(:, : ,2)=N2(:, : ,2) A(4,3)=cos(alfa(2)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para ttt=2 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,2)=N2(:, : ,2) A(4,3)=cos(alfa(2)) fin fin fin Entonces: A(4,3)=cos(113.96) </pre> |
|--|--|---|



| | | |
|--|--|--|
| <pre> A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=3 para ttt=3 si H(3)=3 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(3)=3 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para ttt=3 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,3) A(5,3)=cos(alfa(3)) fin si N(:, : ,2)=N2(:, : ,3) A(6,3)=cos(alfa(3)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=4 para ttt=1 si H(4)=4 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(4)=4 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para ttt=1 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,1) A(1,4)=sen(alfa(1)) fin si N(:, : ,2)=N2(:, : ,1) A(2,4)=sen(alfa(1)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para ttt=1 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,2)=N2(:, : ,1) A(2,4)=sen(alfa(1)) fin fin fin Entonces: A(2,4)=sen(66.04) </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=4 para ttt=2 si H(4)=4 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(4)=4 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para ttt=2 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : , 2) A(3,4)=sen(alfa(2)) fin si N(:, : ,2)=N2(:, : , 2) A(4,4)=sen(alfa(2)) fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para ttt=2 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,2)=N2(:, : , 2) A(4,4)=sen(alfa(2)) fin fin fin Entonces: A(4,4)=sen(113.96) </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=4 para ttt=3 si H(4)=4 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(4)=4 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para ttt=3 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : , 3) A(5,4)=sen(alfa(3)) fin si N(:, : ,2)=N2(:, : , 3) A(6,4)=sen(alfa(3)) fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|---|--|--|
| <pre> para i=5 para ttt=1 si H(5)=5 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) </pre> | <pre> para i=5 para ttt=1 si H(5)=5 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : , 1) A(1,5)=cos(alfa(1)) fin si N(:, : ,3)=N2(:, : , 1) </pre> | |
|---|--|--|



| | | |
|---|--|--|
| <pre> A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(5)=5 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin fin </pre> | <pre> A(2,5)=cos(alfa(1)) fin fin fin </pre> | |
|---|--|--|

| | | |
|--|--|---|
| <pre> para i=5 para ttt=2 si H(5)=5 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(5)=5 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para ttt=2 si H(5)=5 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : ,2) A(3,5)=cos(alfa(2)) fin si N(:, : ,3)=N2(:, : ,2) A(4,5)=cos(alfa(2)) fin fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para ttt=2 si H(5)=5 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : ,2) A(3,5)=cos(alfa(2)) fin fin fin Entonces: A(3,5)=cos(113.96) </pre> |
|--|--|---|

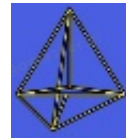
| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=5 para ttt=3 si H(5)=5 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(5)=5 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para ttt=3 si H(5)=5 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : ,3) A(5,5)=cos(alfa(3)) fin si N(:, : ,3)=N2(:, : ,3) A(6,5)=cos(alfa(3)) fin fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para ttt=3 si H(5)=5 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : ,3) A(5,5)=cos(alfa(3)) fin fin fin Entonces: A(5,5)=cos(180) </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|--|--|--|
| <pre> si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=6 para ttt=1 si H(6)=6 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(6)=6 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=6 para ttt=1 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : ,1) A(1,6)=sen(alfa(1)) fin si N(:, : ,3)=N2(:, : ,1) A(2,6)=sen(alfa(1)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|---|
| <pre> para i=6 para ttt=2 si H(6)=6 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(6)=6 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin </pre> | <pre> para i=6 para ttt=2 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : ,2) A(3,6)=sen(alfa(2)) fin si N(:, : ,3)=N2(:, : ,2) A(4,6)=sen(alfa(2)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=6 para ttt=2 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : ,2) A(3,6)=sen(alfa(2)) fin fin fin Entonces: A(3,6)=sen(113.96) </pre> |
|--|--|---|



| | | |
|-----|--|--|
| fin | | |
| fin | | |

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=6 para ttt=3 si H(6)=6 j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(6)=6 j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=6 para ttt=3 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : ,3) A(5,6)=sen(alfa(3)) fin si N(:, : ,3)=N2(:, : ,3) A(6,6)=sen(alfa(3)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=6 para ttt=3 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : ,3) A(5,6)=sen(alfa(3)) fin fin fin Entonces: A(5,6)=sen(180) </pre> |
|--|--|--|

Finalmente, la matriz A sin considerar las restricciones será:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | A(1,1) | A(1,2) | A(1,3) | A(1,4) | A(1,5) | A(1,6) |
| 2 | A(2,1) | A(2,2) | A(2,3) | A(2,4) | A(2,5) | A(2,6) |
| 3 | A(3,1) | A(3,2) | A(3,3) | A(3,4) | A(3,5) | A(3,6) |
| 4 | A(4,1) | A(4,2) | A(4,3) | A(4,4) | A(4,5) | A(4,6) |
| 5 | A(5,1) | A(5,2) | A(5,3) | A(5,4) | A(5,5) | A(5,6) |
| 6 | A(6,1) | A(6,2) | A(6,3) | A(6,4) | A(6,5) | A(6,6) |

Sabemos que disponemos de una matriz base para la matriz “A” (conformada de ceros)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Reemplazamos los valores obtenidos anteriormente:

| | | Nudo 1 | | Nudo 2 | | Nudo 3 | |
|---------|---|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | H | V | H | V | H | V |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Barra 1 | 1 | Cos(66.04) | Sen(66.04) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 0 | 0 | Cos(66.04) | Sen(66.04) | 0 | 0 |
| Barra 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | Cos(113.96) | Sen(113.96) |
| | 4 | 0 | 0 | Cos(113.96) | Sen(113.96) | 0 | 0 |
| Barra 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | Cos(180) | Sen(180) |
| | 6 | Cos(180) | Sen(180) | 0 | 0 | 0 | 0 |

- Determinamos la matriz A teniendo presente las restricciones de GDL

Sabemos que:

$$GDL = [0 \ 0 \ 3 \ 4 \ 5 \ 0]$$

| GDL(1) | GDL(2) | GDL(3) | GDL(4) | GDL(5) | GDL(6) |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0 | 0 | 3 | 4 | 5 | 0 |

| | |
|---|---|
| Si: c=número de columnas de la matriz GDL ii=1 para j=1:c si GDL(j)≠0 NGDL(ii)=GDL(j) ii=ii+1 fin | Si: c=6 ii=1 para j=1:6 si GDL(j)≠0 NGDL(ii)=GDL(j) ii=ii+1 fin |
|---|---|

Luego:

| | |
|---|--|
| ii=1 j=1 si GDL(1)≠0 NGDL(ii)=GDL(j) ii=ii+1 fin | |
|---|--|

| | |
|---|--|
| ii=1 j=2 si GDL(2)≠0 NGDL(ii)=GDL(j) ii=ii+1 fin | |
|---|--|

| | |
|-------------|-------------|
| ii=1 j=3 | ii=1 j=3 |
|-------------|-------------|



| | |
|---|---|
| si $GDL(3) \neq 0$ $NGDL(ii) = GDL(j)$ $ii = ii + 1$ fin | si $GDL(3) \neq 0$ $NGDL(1) = GDL(3)$ $ii = 1 + 1$ fin Entonces: $NGDL(1) = 3$ $ii = 2$ |
|---|---|

| | |
|--|--|
| $ii = 2$ $j = 4$ si $GDL(4) \neq 0$ $NGDL(ii) = GDL(j)$ $ii = ii + 1$ fin | $ii = 2$ $j = 4$ si $GDL(4) \neq 0$ $NGDL(2) = GDL(4)$ $ii = 2 + 1$ fin Entonces: $NGDL(2) = 4$ $ii = 3$ |
|--|--|

| | |
|--|--|
| $ii = 3$ $j = 5$ si $GDL(5) \neq 0$ $NGDL(ii) = GDL(j)$ $ii = ii + 1$ fin | $ii = 3$ $j = 5$ si $GDL(5) \neq 0$ $NGDL(3) = GDL(5)$ $ii = 3 + 1$ fin Entonces: $NGDL(3) = 5$ $ii = 4$ |
|--|--|

| | |
|--|--|
| $ii = 4$ $j = 6$ si $GDL(6) \neq 0$ $NGDL(ii) = GDL(j)$ $ii = ii + 1$ fin | |
|--|--|

Finalmente, la matriz nueva de grado de libertad:

| NGDL(1) | NGDL(2) | NGDL(3) |
|---------|---------|---------|
| 3 | 4 | 5 |



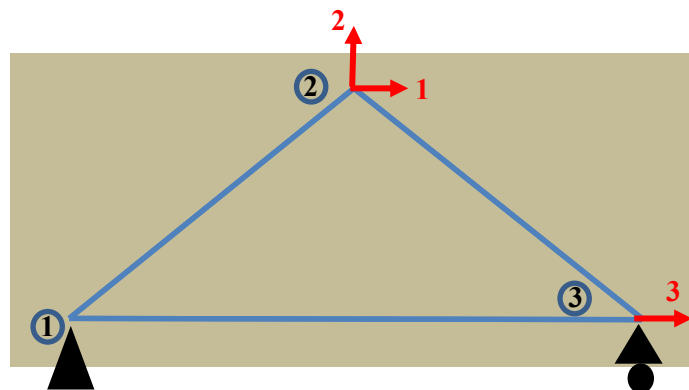
Ahora calculamos la matriz “A” considerando las restricciones

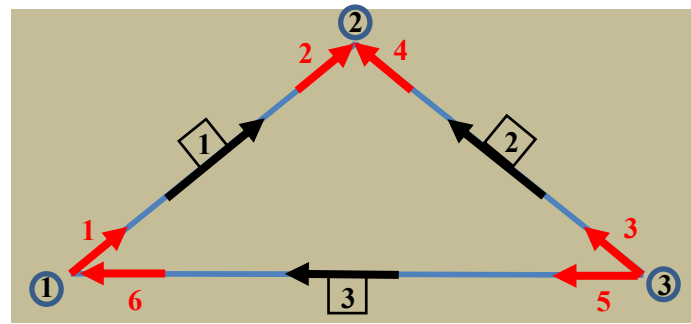
| | |
|---|--|
| Si: m=número de columnas de la matriz NGDL para i=1:m AA(:, i)=A(:, NGDL(i)) fin | m=3 para i=1:3 AA(:, i)=A(:, NGDL(i)) fin |
|---|--|

| | | |
|--|--|--|
| para i=1 AA(:, 1)=A(:, NGDL(1)) fin Entonces: $AA(:, 1)=A(:, 3)=\begin{bmatrix} 0 \\ \cos(66.04) \\ 0 \\ \cos(113.96) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ | para i=2 AA(:, 2)=A(:, NGDL(2)) fin Entonces: $AA(:, 2)=A(:, 4)=\begin{bmatrix} 0 \\ \sin(66.04) \\ 0 \\ \sin(113.96) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ | para i=3 AA(:, 3)=A(:, NGDL(3)) fin Entonces: $AA(:, 3)=A(:, 5)=\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \cos(113.96) \\ 0 \\ \cos(180) \\ 0 \end{bmatrix}$ |
|--|--|--|

Finalmente, la matriz A considerando las restricciones será:

| | | Nudo 1 | | Nudo 2 |
|-----|---------|--------|-------------|-------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| AA= | Barra 1 | 1 | 0 | 0 |
| | | 2 | Cos(66.04) | Sen(66.04) |
| | Barra 2 | 3 | 0 | 0 |
| | | 4 | Cos(113.96) | Sen(113.96) |
| | Barra 3 | 5 | 0 | 0 |
| | | 6 | 0 | 0 |





- Determinamos la matriz diagonal de rigideces de las barras.

b=3

| | |
|---|---|
| para i=1:b kd(2i-1,2i-1)=EA(i)/L(i) kd(2i,2i-1)=-EA(i)/L(i) kd(2i-1,2i)=-EA(i)/L(i) kd(2i,2i)=EA(i)/L(i) fin | para i=1:3 kd(2i-1,2i-1)=EA(i)/L(i) kd(2i,2i-1)=-EA(i)/L(i) kd(2i-1,2i)=-EA(i)/L(i) kd(2i,2i)=EA(i)/L(i) fin |
|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| para i=1 kd(1,1)=EA(1)/L(1) kd(2,1)=-EA(1)/L(1) kd(1,2)=-EA(1)/L(1) kd(2,2)=EA(1)/L(1) fin | para i=2 kd(3,3)=EA(2)/L(2) kd(4,3)=-EA(2)/L(2) kd(3,4)=-EA(2)/L(2) kd(4,4)=EA(2)/L(2) fin | para i=3 kd(5,5)=EA(3)/L(3) kd(6,5)=-EA(3)/L(3) kd(5,6)=-EA(3)/L(3) kd(6,6)=EA(3)/L(3) fin |
|---|---|---|

Finalmente:

| | | | | | | |
|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Kd= | $\frac{EA(1)}{L(1)}$ | $-\frac{EA(1)}{L(1)}$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | $-\frac{EA(1)}{L(1)}$ | $\frac{EA(1)}{L(1)}$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | $\frac{EA(2)}{L(2)}$ | $-\frac{EA(2)}{L(2)}$ | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | $-\frac{EA(2)}{L(2)}$ | $\frac{EA(2)}{L(2)}$ | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | $\frac{EA(3)}{L(3)}$ | $-\frac{EA(3)}{L(3)}$ |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | $-\frac{EA(3)}{L(3)}$ | $\frac{EA(3)}{L(3)}$ |

- Calculo de la matriz de rigidez de la cercha.

$$K=AA'.kd. AA$$

Reemplazando:

$$\begin{bmatrix} 0 & \cos(66.04) & 0 & \cos(113.96) & 0 & 0 \\ 0 & \sin(66.04) & 0 & \sin(113.96) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos(113.96) & 0 & \cos(180) & 0 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix} \frac{EA(1)}{L(1)} & -\frac{EA(1)}{L(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{EA(1)}{L(1)} & \frac{EA(1)}{L(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{EA(2)}{L(2)} & -\frac{EA(2)}{L(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{EA(2)}{L(2)} & \frac{EA(2)}{L(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{EA(3)}{L(3)} & -\frac{EA(3)}{L(3)} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{EA(3)}{L(3)} & \frac{EA(3)}{L(3)} \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \cos(66.04) & \sin(66.04) & 0 \\ 0 & 0 & \cos(113.96) \\ \cos(113.96) & \sin(113.96) & 0 \\ 0 & 0 & \cos(180) \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Sabemos que:

| L(1) | L(2) | L(3) |
|-------|-------|------|
| 98.49 | 98.49 | 80 |



Como no nos interesa las deformaciones que sufre la cercha, pero si las fuerzas que soporta, entonces para agilizar los cálculos se considerara un EA=1.

| EA(1) | EA(2) | EA(3) |
|-------|-------|-------|
| 1 | 1 | 1 |

$$\begin{bmatrix} 0 & \cos(66.04) & 0 & \cos(113.96) & 0 & 0 \\ 0 & \sin(66.04) & 0 & \sin(113.96) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos(113.96) & 0 & \cos(180) & 0 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix} \frac{1}{98.49} & -\frac{1}{98.49} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{98.49} & \frac{1}{98.49} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{98.49} & -\frac{1}{98.49} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{98.49} & \frac{1}{98.49} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{80} & -\frac{1}{80} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{80} & \frac{1}{80} \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \cos(66.04) & \sin(66.04) & 0 \\ 0 & 0 & \cos(113.96) \\ \cos(113.96) & \sin(113.96) & 0 \\ 0 & 0 & \cos(180) \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Finalmente:

$$K = \begin{bmatrix} 3.35E-03 & 2.17E-18 & -1.67E-03 \\ 2.17E-18 & 1.70E-02 & 3.77E-03 \\ -1.67E-03 & 3.77E-03 & 1.42E-02 \end{bmatrix}$$





- Calculo del desplazamiento en coordenadas globales (Por la asignación EA=1 los valores son irreales, igual no nos interesa estos valores)

$$q=K^{-1}Q'$$

$$K^{-1} = \begin{bmatrix} 318.606 & -8.888 & 40 \\ -8.888 & 62.920 & -17.776 \\ 40 & -17.776 & 80 \end{bmatrix}, \quad Q' = \begin{bmatrix} 0 \\ -10,000 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$q = \begin{bmatrix} 318.606 & -8.888 & 40 \\ -8.888 & 62.920 & -17.776 \\ 40 & -17.776 & 80 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -10,000 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 88,878.485 \\ -629,198.229 \\ 177,756.970 \end{bmatrix}$$

- Calculo del desplazamiento en cada elemento (Por la asignación EA=1 los valores son irreales, igual no nos interesa estos valores)

$$p=AA.q$$

$$p = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \cos(66.04) & \text{sen}(66.04) & 0 \\ 0 & 0 & \cos(113.96) \\ \cos(113.96) & \text{sen}(113.96) & 0 \\ 0 & 0 & \cos(180) \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 88,878.485 \\ -629,198.229 \\ 177,756.970 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -538,886.266 \\ -72,186.887 \\ -611,073.152 \\ -177,756.969 \\ 0 \end{bmatrix}$$

- Calculo de cargas internas en los elementos

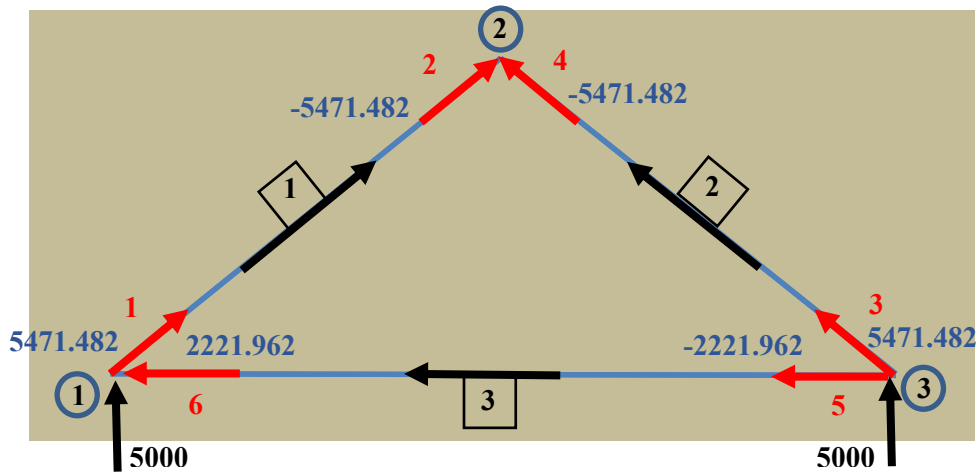
$$P=kd.p$$

$$P = \begin{bmatrix} \frac{1}{98.49} & -\frac{1}{98.49} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{98.49} & \frac{1}{98.49} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{98.49} & -\frac{1}{98.49} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{98.49} & \frac{1}{98.49} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{80} & -\frac{1}{80} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{80} & \frac{1}{80} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -538,886.266 \\ -72,186.887 \\ -611,073.152 \\ -177,756.969 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5471.482 \\ -5471.482 \\ 5471.482 \\ -5471.482 \\ -2221.962 \\ 2221.962 \end{bmatrix}$$



Finalmente, las cargas internas que soporta cada barra son:

| | | | |
|----|---------|---|--------------|
| P= | Barra 1 | 1 | 5471.482 kg |
| | | 2 | -5471.482 kg |
| | Barra 2 | 3 | 5471.482 kg |
| | | 4 | -5471.482 kg |
| | Barra 3 | 5 | -2221.962 kg |
| | | 6 | 2221.962 kg |



B. CONTROL DE NUDOS

Sabemos del análisis de la cercha ideal:

| | | |
|------|--------|-----|
| [P]= | P(1,1) | P1 |
| | P(2,1) | -P1 |
| | P(3,1) | P2 |
| | P(4,1) | -P2 |
| | P(5,1) | P3 |
| | : | : |
| : | : | |

| | | | |
|----|---------|--------|--------------|
| P= | Barra 1 | P(1,1) | 5471.482 kg |
| | | P(2,1) | -5471.482 kg |
| | Barra 2 | P(3,1) | 5471.482 kg |
| | | P(4,1) | -5471.482 kg |
| | Barra 3 | P(5,1) | -2221.962 kg |
| | | P(6,1) | 2221.962 kg |



- Creamos un vector Nodos:

| | |
|---|------------------------------------|
| Para i=1 : #Nodos Nodo1(i)=i; fin | Para i=1 : 3 Nodo1(i)=i; fin |
|---|------------------------------------|

| | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Para i=1 Nodo1(1)=1; fin | Para i=2 Nodo1(2)=2; fin | Para i=3 Nodo1(3)=3; fin |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|

| Nodo1(1) | Nodo1(2) | Nodo1(3) |
|----------|----------|----------|
| 1 | 2 | 3 |

- Creamos una matriz de fuerzas que llegan a un nodo en específico:

| | |
|---|--|
| <pre> para i=1:#Nodos para j=1:#barras si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1:3 para j=1:3 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> |
|---|--|

Sabemos que:

$$T = \begin{bmatrix} T(1,1) & T(1,2) \\ T(2,1) & T(2,2) \\ T(3,1) & T(3,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 2 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$$

| Nodo1(1) | Nodo1(2) | Nodo1(3) |
|----------|----------|----------|
| 1 | 2 | 3 |

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 para j=1 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para j=1 si T(1,1)==Nodo1(1) F(1,1)=P(1,1) sino T(1,2)==Nodo1(1) F(1,1)=P(1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para j=1 si T(1,1)==Nodo1(1) F(1,1)=P(1,1) fin fin fin </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|------------|------------|----------------------------------|
| fin fin | fin fin | Entonces: $F(1,1) = 5471.482$ |
|------------|------------|----------------------------------|

| | | |
|---|---|--|
| para i=1 para j=2 si $T(j,1) == \text{Nodo1}(i)$ $F(j,i) = P(2j-1,1)$ sino $T(j,2) == \text{Nodo1}(i)$ $F(j,i) = P(2j-1,1)$ fin fin fin | para i=1 para j=2 si $T(2,1) == \text{Nodo1}(1)$ $F(2,1) = P(3,1)$ sino $T(2,2) == \text{Nodo1}(1)$ $F(2,1) = P(3,1)$ fin fin fin | |
|---|---|--|

| | | |
|---|---|---|
| para i=1 para j=3 si $T(j,1) == \text{Nodo1}(i)$ $F(j,i) = P(2j-1,1)$ sino $T(j,2) == \text{Nodo1}(i)$ $F(j,i) = P(2j-1,1)$ fin fin fin | para i=1 para j=3 si $T(3,1) == \text{Nodo1}(1)$ $F(3,1) = P(5,1)$ sino $T(3,2) == \text{Nodo1}(1)$ $F(3,1) = P(5,1)$ fin fin fin | para i=1 para j=3 sino $T(3,2) == \text{Nodo1}(1)$ $F(3,1) = P(5,1)$ fin fin fin Entonces: $F(3,1) = -2221.962$ |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|--|
| para i=2 para j=1 si $T(j,1) == \text{Nodo1}(i)$ $F(j,i) = P(2j-1,1)$ sino $T(j,2) == \text{Nodo1}(i)$ $F(j,i) = P(2j-1,1)$ fin fin fin | para i=2 para j=1 si $T(1,1) == \text{Nodo1}(2)$ $F(1,2) = P(1,1)$ sino $T(1,2) == \text{Nodo1}(2)$ $F(1,2) = P(1,1)$ fin fin fin | para i=2 para j=1 sino $T(1,2) == \text{Nodo1}(2)$ $F(1,2) = P(1,1)$ fin fin fin Entonces: $F(1,2) = 5471.482$ |
|---|---|--|

| | | |
|---|---|--|
| para i=2 para j=2 si $T(j,1) == \text{Nodo1}(i)$ $F(j,i) = P(2j-1,1)$ sino $T(j,2) == \text{Nodo1}(i)$ $F(j,i) = P(2j-1,1)$ fin fin fin | para i=2 para j=2 si $T(2,1) == \text{Nodo1}(2)$ $F(2,2) = P(3,1)$ sino $T(2,2) == \text{Nodo1}(2)$ $F(2,2) = P(3,1)$ fin fin fin | para i=2 para j=2 sino $T(2,2) == \text{Nodo1}(2)$ $F(2,2) = P(3,1)$ fin fin fin Entonces: $F(2,2) = 5471.482$ |
|---|---|--|



| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=2 para j=3 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=3 si T(3,1)==Nodo1(2) F(3,2)=P(5,1) sino T(3,2)==Nodo1(2) F(3,2)=P(5,1) fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=3 para j=1 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=1 si T(1,1)==Nodo1(3) F(1,3)=P(1,1) sino T(1,2)==Nodo1(3) F(1,3)=P(1,1) fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|---|
| <pre> para i=3 para j=2 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=2 si T(2,1)==Nodo1(3) F(2,3)=P(3,1) sino T(2,2)==Nodo1(3) F(2,3)=P(3,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=2 si T(2,1)==Nodo1(3) F(2,3)=P(3,1) fin fin fin Entonces: F(2,3)= 5471.482 </pre> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=3 para j=3 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=3 si T(3,1)==Nodo1(3) F(3,3)=P(5,1) sino T(3,2)==Nodo1(3) F(3,3)=P(5,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=3 si T(3,1)==Nodo1(3) F(3,3)=P(5,1) fin fin fin Entonces: F(3,3)= -2221.962 </pre> |
|--|--|--|

Finalmente se tendrá:

| | | | | |
|-----|---|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| [F] | 1 | F(1,1) | F(1,2) | F(1,3) |
| | 2 | F(2,1) | F(2,2) | F(2,3) |
| | 3 | F(3,1) | F(3,2) | F(3,3) |



| | | | | |
|-----|---|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| [F] | 1 | P(1,1) | P(1,1) | 0 |
| | 2 | 0 | P(3,1) | P(3,1) |
| | 3 | P(5,1) | 0 | P(5,1) |

| | | | | |
|-----|---------|----------|---------|----------|
| | | Nodo 1 | Nodo 2 | Nodo 3 |
| [F] | Barra 1 | 5471.48 | 5471.48 | 0 |
| | Barra 2 | 0 | 5471.48 | 5471.48 |
| | Barra 3 | -2221.96 | 0 | -2221.96 |

- Creamos una matriz auxiliar [FN] de reordenamiento de la matriz [F].

| | |
|---|--|
| <pre> para i=1:#Nodos k1=0; para j=1:#barras if F(j,i)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,i)=F(j,i) end end end end </pre> | <pre> para i=1:3 k1=0; para j=1:3 if F(j,i)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,i)=F(j,i) end end end end </pre> |
|---|--|

| | | |
|--|---|---|
| <pre> para i=1 k1=0; para j=1 if F(1,1)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,i)=F(j,i) end end end Entonces: K2=0+1=1 K1=k2=1 FN(1,1)=F(1,1)=5471.48 </pre> | <pre> para i=1 k1=0; para j=2 if F(2,1)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,i)=F(j,i) end end end Entonces: K2=1+1=2 K1=k2=2 FN(2,1)=F(3,1)=-2221.96 </pre> | <pre> para i=1 k1=0; para j=3 if F(3,1)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,i)=F(j,i) end end end Entonces: K2=1+1=2 K1=k2=2 FN(2,1)=F(3,1)=-2221.96 </pre> |
|--|---|---|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=2 k1=0; para j=1 if F(1,2)≠0 </pre> | <pre> para i=2 k1=0; para j=2 if F(2,2)≠0 </pre> | <pre> para i=2 k1=0; para j=3 if F(3,2)≠0 </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|--|--|--|
| <pre> k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,i)=F(j,i) end end end Entonces: K2=0+1=1 K1=k2=1 FN(1,2)=F(1,2)=5471.48 </pre> | <pre> k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,i)=F(j,i) end end end Entonces: K2=1+1=2 K1=k2=2 FN(2,2)=F(2,2)=5471.48 </pre> | <pre> k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,i)=F(j,i) end end end Entonces: K2=1+1=2 K1=k2=2 FN(2,2)=F(2,2)=5471.48 </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|---|
| <pre> para i=3 k1=0; para j=1 if F(1,3)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,i)=F(j,i) end end end Entonces: K2=0+1=1 K1=k2=1 FN(1,3)=F(2,3)=5471.48 </pre> | <pre> para i=3 k1=0; para j=2 if F(2,3)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,i)=F(j,i) end end end Entonces: K2=0+1=1 K1=k2=1 FN(1,3)=F(2,3)=5471.48 </pre> | <pre> para i=3 k1=0; para j=3 if F(3,3)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,i)=F(j,i) end end end Entonces: K2=1+1=2 K1=k2=2 FN(2,3)=F(3,3)=-2221.96 </pre> |
|--|--|---|

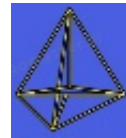
Finalmente se tendrá:

| | | | | |
|-------|---|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| [FN]= | 1 | F(1,1) | F(1,2) | F(2,3) |
| | 2 | F(3,1) | F(2,2) | F(3,3) |
| | 3 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | |
|-------|---|----------|---------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| [FN]= | 1 | 5471.48 | 5471.48 | 5471.48 |
| | 2 | -2221.96 | 5471.48 | -2221.96 |
| | 3 | 0 | 0 | 0 |

- Creamos el vector que almacena el número de fuerzas que llegan a un nodo y también el vector que almacena el acumulado del numero de fuerzas que llegan a un nodo:

Si “nNodo(i)” es el número de elementos diferentes de cero en la columna “i” de la matriz “FN”



| | | | | | |
|--------|------|------|------|------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | ... | #Nodos |
| nNodo= | #FN1 | #FN2 | #FN3 | .... |  |

| | | |
|----------|----------|----------|
| nNodo(1) | nNodo(2) | nNodo(3) |
| 2 | 2 | 2 |

| | | | | | |
|---------|------|-----------|----------------|------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | ... | #Nodos |
| nNodoA= | #FN1 | #FN1+#FN2 | #FN1+#FN2+#FN3 | .... |  |

| | | |
|-----------|-----------|-----------|
| nNodoA(1) | nNodoA(2) | nNodoA(3) |
| 2 | 4 | 6 |

Luego:

| | |
|--|--|
| nnNodoA(1)=0; para i=1: #Nodo-1 nnNodoA(i+1)=nNodoA(i); fin | nnNodoA(1)=0; para i=1: 2 nnNodoA(i+1)=nNodoA(i); fin |
|--|--|

| | |
|--|--|
| nnNodoA(1)=0; para i=1 nnNodoA(i+1)=nNodoA(i) fin Entonces: nnNodoA(1+1) =nNodoA(1) nnNodoA(2)=2 | nnNodoA(1)=0; para i=2 nnNodoA(i+1)=nNodoA(i) fin Entonces: nnNodoA(2+1) =nNodoA(2) nnNodoA(3)=4 |
|--|--|

Finalmente:

| | | |
|------------|------------|------------|
| nnNodoA(1) | nnNodoA(2) | nnNodoA(3) |
| 0 | 2 | 4 |

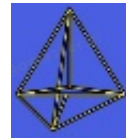


- Creamos la matriz columna que almacena las fuerzas según el nodo al que llega.

| | |
|--|---|
| <pre> para i=1:#Nodo para j=1:nNodo(i) CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i) NN(nnNodoA(i)+j,1)=i; fin fin </pre> | <pre> para i=1:3 para j=1:nNodo(i) CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i) NN(nnNodoA(i)+j,1)=i; fin fin </pre> |
| <pre> para i=1 para j=1:nNodo(1) CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i) NN(nnNodoA(i)+j,1)=i; fin fin </pre> | <pre> para i=1 para j=1:2 CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i) NN(nnNodoA(i)+j,1)=i; fin fin </pre> |
| <pre> para i=1 para j=1 CN(nnNodoA(1)+1,1)=FN(1,1) NN(nnNodoA(1)+1,1)=1; fin fin </pre> <p>Entonces: $CN(0+1,1) = FN(1,1) \rightarrow CN(1,1) = 5471.48$ $NN(0+1,1) = 1 \rightarrow NN(1,1) = 1$</p> | <pre> para i=1 para j=2 CN(nnNodoA(1)+2,1)=FN(2,1) NN(nnNodoA(1)+2,1)=1; fin fin </pre> <p>Entonces: $CN(0+2,1) = FN(2,1) \rightarrow CN(2,1) = -2221.96$ $NN(0+2,1) = 1 \rightarrow NN(2,1) = 1$</p> |

| | |
|--|---|
| <pre> para i=2 para j=1:nNodo(2) CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i) NN(nnNodoA(i)+j,1)=i; fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=1:2 CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i) NN(nnNodoA(i)+j,1)=i; fin fin </pre> |
| <pre> para i=2 para j=1 CN(nnNodoA(2)+1,1)=FN(1,2) NN(nnNodoA(2)+1,1)=2; fin fin </pre> <p>Entonces: $CN(2+1,1) = FN(1,2) \rightarrow CN(3,1) = 5471.48$ $NN(2+1,1) = 2 \rightarrow NN(3,1) = 2$</p> | <pre> para i=2 para j=2 CN(nnNodoA(2)+2,1)=FN(2,2) NN(nnNodoA(2)+2,1)=2 fin fin </pre> <p>Entonces: $CN(2+2,1) = FN(2,2) \rightarrow CN(4,1) = 5471.48$ $NN(2+2,1) = 2 \rightarrow NN(4,1) = 2$</p> |

| | |
|--|---|
| <pre> para i=3 para j=1:nNodo(3) CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i) NN(nnNodoA(i)+j,1)=i; fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=1:2 CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i) NN(nnNodoA(i)+j,1)=i; fin fin </pre> |
|--|---|



| | |
|--|--|
| <p>para i=3 para j=1 CN(nnNodoA(3)+1,1)=FN(1,3) NN(nnNodoA(3)+1,1)=3; fin fin</p> <p>Entonces: CN(4+1,1) =FN (1,3) → CN (5,1) =5471.48 NN(4+1,1)=3 → NN(5,1)=3</p> | <p>para i=3 para j=2 CN(nnNodoA(3)+2,1)=FN(2,3) NN(nnNodoA(3)+2,1)=3 fin fin</p> <p>Entonces: CN(4+2,1) =FN (2,3) → CN (6,1) =-2221.96 NN(4+2,1)=3 → NN(6,1)=3</p> |
|--|--|

Finalmente:

| | |
|---------|----------|
| CN(1,1) | 5471.48 |
| CN(2,1) | -2221.96 |
| CN(3,1) | 5471.48 |
| CN(4,1) | 5471.48 |
| CN(5,1) | 5471.48 |
| CN(6,1) | -2221.96 |

| | |
|---------|---|
| NN(1,1) | 1 |
| NN(2,1) | 1 |
| NN(3,1) | 2 |
| NN(4,1) | 2 |
| NN(5,1) | 3 |
| NN(6,1) | 3 |

- Creamos la matriz donde se almacenará el tipo de nodo

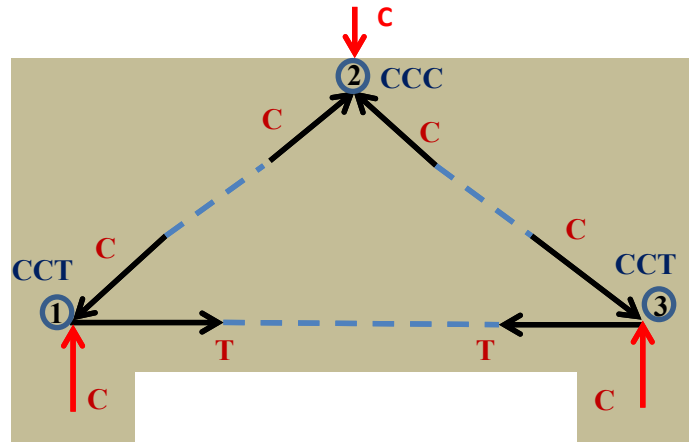
Iniciamos definiendo el tipo de nodo seleccionando por medio de una matriz editable:

| | | |
|--------|--------------|-------|
| Tipo1= | Tipo de Nodo | |
| | Nodo | Tipo |
| | 1 | CCC ▾ |
| | 2 | CCT ▾ |
| | 3 | CTT ▾ |
| | : | : |
| : | : | |

Cada opción
editable
desplegara 03
opciones
CCC, CCT, CTT



Luego:



| | Nodo | Tipo |
|-------|------------|------------|
| Tipo1 | Tipo1(1,1) | Tipo1(1,2) |
| | Tipo1(2,1) | Tipo1(2,2) |
| | Tipo1(3,1) | Tipo1(3,2) |

| | Nodo | Tipo |
|-------|------|------|
| Tipo1 | 1 | CCT |
| | 2 | CCC |
| | 3 | CCT |

También:

| | |
|---|---|
| <pre> para i=1:max(nNodoA) para j=1:#filas(Tipo1) si NN(i)=Tipo1(j,1) Tipo(i,1)=Tipo1(j,2) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1:6 para j=1:3 si NN(i)=Tipo1(j,1) Tipo(i,1)=Tipo1(j,2) fin fin fin </pre> |
|---|---|

| | | |
|--|---|---|
| <pre> para i=1 para j=1 si NN(1)=Tipo1(1,1) Tipo(1,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin Entonces: Tipo(1,1)=Tipo1(1,2)=CCT </pre> | <pre> para i=1 para j=2 si NN(1)=Tipo1(2,1) Tipo(1,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para j=3 si NN(1)=Tipo1(3,1) Tipo(1,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin </pre> |
|--|---|---|



| | | |
|--|--|--|
| <p>para i=2 para j=1 si NN(2)=Tipo1(1,1) Tipo(2,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin Entonces: Tipo(2,1)=Tipo1(1,2)=CCT</p> | <p>para i=2 para j=2 si NN(2)=Tipo1(2,1) Tipo(2,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin</p> | <p>para i=2 para j=3 si NN(2)=Tipo1(3,1) Tipo(2,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin</p> |
| <p>para i=3 para j=1 si NN(3)=Tipo1(1,1) Tipo(3,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin</p> | <p>para i=3 para j=2 si NN(3)=Tipo1(2,1) Tipo(3,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin Entonces: Tipo(3,1)=Tipo1(2,2)=CCC</p> | <p>para i=3 para j=3 si NN(3)=Tipo1(3,1) Tipo(3,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin</p> |
| <p>para i=4 para j=1 si NN(4)=Tipo1(1,1) Tipo(4,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin</p> | <p>para i=4 para j=2 si NN(4)=Tipo1(2,1) Tipo(4,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin Entonces: Tipo(4,1)=Tipo1(2,2)=CCC</p> | <p>para i=4 para j=3 si NN(4)=Tipo1(3,1) Tipo(4,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin</p> |
| <p>para i=5 para j=1 si NN(5)=Tipo1(1,1) Tipo(5,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin</p> | <p>para i=5 para j=2 si NN(5)=Tipo1(2,1) Tipo(5,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin</p> | <p>para i=5 para j=3 si NN(5)=Tipo1(3,1) Tipo(5,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin Entonces: Tipo(5,1)=Tipo1(3,2)=CCT</p> |
| <p>para i=6 para j=1 si NN(6)=Tipo1(1,1) Tipo(6,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin</p> | <p>para i=6 para j=2 si NN(6)=Tipo1(2,1) Tipo(6,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin</p> | <p>para i=6 para j=3 si NN(6)=Tipo1(3,1) Tipo(6,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin Entonces: Tipo(6,1)=Tipo1(3,2)=CCT</p> |



Finalmente:

| | |
|-----------|-----|
| Tipo(1,1) | CCT |
| Tipo(2,1) | CCT |
| Tipo(3,1) | CCC |
| Tipo(4,1) | CCC |
| Tipo(5,1) | CCT |
| Tipo(6,1) | CCT |

- Creamos los vectores que almacenamos los anchos para las zonas nodales.

| | |
|---|---|
| <pre> para i=1:max(nNodoA) si Tipo(i)=CCC Bn(i)=1.00 Ø=0.75 fce(i)=0.85Bn(i)f c w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b sino si Tipo(i)=CCT Bn(i)=0.80 Ø=0.75 fce(i)=0.85Bn(i)f c w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b sino si Tipo(i)=CTT Bn(i)=0.60 Ø=0.75 fce(i)=0.85Bn(i)f c w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b fin fin </pre> | <pre> para i=1:6 si Tipo(i)=CCC Bn(i)=1.00 Ø=0.75 fce(i)=0.85Bn(i)f c w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b sino si Tipo(i)=CCT Bn(i)=0.80 Ø=0.75 fce(i)=0.85Bn(i)f c w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b sino si Tipo(i)=CTT Bn(i)=0.60 Ø=0.75 fce(i)=0.85Bn(i)f c w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b fin fin </pre> |
|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| <pre> para i=1 si Tipo(1)=CCC Bn(1)=1.00 Ø=0.75 fce(1)=0.85Bn(1)f c w(1)=abs(CN(1,1))/Øfce(1)b sino si Tipo(1)=CCT Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85Bn(1)f c w(1)=abs(CN(1,1))/Øfce(1)b sino si Tipo(1)=CTT Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85Bn(1)f c w(1)=abs(CN(1,1))/Øfce(1)b fin fin Entonces: </pre> | <pre> para i=2 si Tipo(2)=CCC Bn(2)=1.00 Ø=0.75 fce(2)=0.85Bn(2)f c w(2)=abs(CN(2,1))/Øfce(2)b sino si Tipo(2)=CCT Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85Bn(2)f c w(2)=abs(CN(2,1))/Øfce(2)b sino si Tipo(2)=CTT Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85Bn(2)f c w(2)=abs(CN(2,1))/Øfce(2)b fin fin Entonces: </pre> | <pre> para i=3 si Tipo(3)=CCC Bn(3)=1.00 Ø=0.75 fce(3)=0.85Bn(3)f c w(3)=abs(CN(3,1))/Øfce(3)b sino si Tipo(3)=CCT Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85Bn(3)f c w(3)=abs(CN(3,1))/Øfce(3)b sino si Tipo(3)=CTT Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85Bn(3)f c w(3)=abs(CN(3,1))/Øfce(3)b fin fin Entonces: </pre> |
|---|---|---|



| | | |
|---|---|--|
| $Bn(1)=0.80$ $\emptyset=0.75$ $fce(1)=0.85Bn(1)f'c=0.85(0.80)(210)$ $fce(1)=142.8$ $w(1)=CN(1,1)/\emptysetfce(1)b$ $w(1)=5471.48/(0.75*142.8*10)$ $w(1)=5.11$ | $Bn(2)=0.80$ $\emptyset=0.75$ $fce(2)=0.85Bn(2)f'c=0.85(0.80)(210)$ $fce(2)=142.8$ $w(2)=CN(2,1)/\emptysetfce(2)b$ $w(2)=2221.96/(0.75*142.8*10)$ $w(2)=2.08$ | $Bn(3)=1.00$ $\emptyset=0.75$ $fce(3)=0.85Bn(3)f'c=0.85(1)(210)$ $fce(3)=178.5$ $w(3)=CN(3,1)/\emptysetfce(3)b$ $w(3)=5471.48/(0.75*178.5*10)$ $w(3)=4.09$ |
|---|---|--|

| | | |
|---|--|---|
| <p>para i=4</p> <p>si Tipo(4)=CCC $Bn(4)=1.00$ $\emptyset=0.75$ $fce(4)=0.85Bn(4)f'c$ $w(4)=abs(CN(4,1))/\emptysetfce(4)b$</p> <p>sino si Tipo(4)=CCT $Bn(4)=0.80$ $\emptyset=0.75$ $fce(4)=0.85Bn(4)f'c$ $w(4)=abs(CN(4,1))/\emptysetfce(4)b$</p> <p>sino si Tipo(4)=CTT $Bn(4)=0.60$ $\emptyset=0.75$ $fce(4)=0.85Bn(4)f'c$ $w(4)=abs(CN(4,1))/\emptysetfce(4)b$</p> <p>fin</p> <p>Entonces: $Bn(4)=1.00$ $\emptyset=0.75$ $fce(4)=0.85Bn(4)f'c=0.85(1)(210)$ $fce(4)=178.5$ $w(4)=CN(4,1)/\emptysetfce(4)b$ $w(4)=5471.48/(0.75*178.5*10)$ $w(4)=4.09$</p> | <p>para i=5</p> <p>si Tipo(5)=CCC $Bn(5)=1.00$ $\emptyset=0.75$ $fce(5)=0.85Bn(5)f'c$ $w(5)=abs(CN(5,1))/\emptysetfce(5)b$</p> <p>sino si Tipo(5)=CCT $Bn(5)=0.80$ $\emptyset=0.75$ $fce(5)=0.85Bn(5)f'c$ $w(5)=abs(CN(5,1))/\emptysetfce(5)b$</p> <p>sino si Tipo(5)=CTT $Bn(5)=0.60$ $\emptyset=0.75$ $fce(5)=0.85Bn(5)f'c$ $w(5)=abs(CN(5,1))/\emptysetfce(5)b$</p> <p>fin</p> <p>Entonces: $Bn(5)=0.80$ $\emptyset=0.75$ $fce(5)=0.85Bn(5)f'c=0.85(0.80)(210)$ $fce(5)=142.8$ $w(5)=CN(5,1)/\emptysetfce(5)b$ $w(5)=5471.48/(0.75*142.8*10)$ $w(5)=5.11$</p> | <p>para i=6</p> <p>si Tipo(6)=CCC $Bn(6)=1.00$ $\emptyset=0.75$ $fce(6)=0.85Bn(6)f'c$ $w(6)=abs(CN(6,1))/\emptysetfce(6)b$</p> <p>sino si Tipo(6)=CCT $Bn(6)=0.80$ $\emptyset=0.75$ $fce(6)=0.85Bn(6)f'c$ $w(6)=abs(CN(6,1))/\emptysetfce(6)b$</p> <p>sino si Tipo(6)=CTT $Bn(6)=0.60$ $\emptyset=0.75$ $fce(6)=0.85Bn(6)f'c$ $w(6)=abs(CN(6,1))/\emptysetfce(6)b$</p> <p>fin</p> <p>Entonces: $Bn(6)=0.80$ $\emptyset=0.75$ $fce(6)=0.85Bn(6)f'c=0.85(0.8)(210)$ $fce(6)=142.8$ $w(6)=CN(6,1)/\emptysetfce(6)b$ $w(6)=2221.96/(0.75*142.8*10)$ $w(6)=2.08$</p> |
|---|--|---|

Finalmente se tendrá definido la siguiente matriz donde se controlará los nodos

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|--------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| \underbrace{NODO}_{NN} | \underbrace{Fu}_{CN} | \underbrace{TIPO}_{Tipo} | \underbrace{Bn}_{Bn} | \underbrace{fce}_{fce} | \underbrace{Wn}_w |
| 1 | P1 | CCC | 1.00 | fce1 | W1 |
| 2 | P2 | CCT | 0.80 | fce2 | W2 |
| : | : | : | : | : | : |
| : | : | : | : | : | : |

Reemplazando:

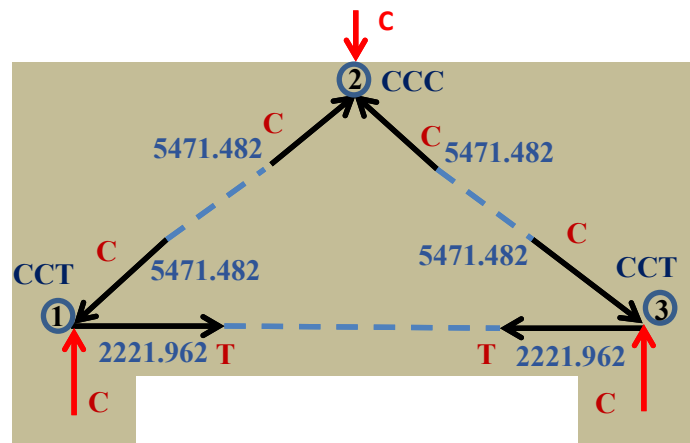
| | NODO | Fu(kg) | TIPO | Bn | Fce(kg/cm ²) | Wn(cm) |
|---|---------|---------|-----------|-------|--------------------------|--------|
| 1 | NN(1,1) | CN(1,1) | Tipo(1.1) | Bn(1) | fce(1) | w(1) |
| 2 | NN(2,1) | CN(2,1) | Tipo(2.1) | Bn(2) | fce(2) | w(2) |



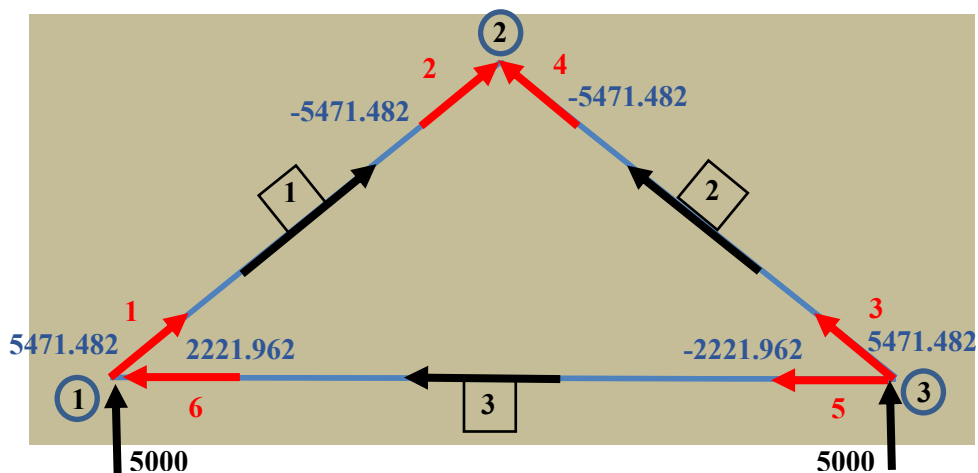
| | | | | | | |
|---|---------|---------|-----------|-------|--------|------|
| 3 | NN(3,1) | CN(3,1) | Tipo(3.1) | Bn(3) | fce(3) | w(3) |
| 4 | NN(4,1) | CN(4,1) | Tipo(4.1) | Bn(4) | fce(4) | w(4) |
| 5 | NN(5,1) | CN(5,1) | Tipo(5.1) | Bn(5) | fce(5) | w(5) |
| 6 | NN(6,1) | CN(6,1) | Tipo(6.1) | Bn(6) | fce(6) | w(6) |

| | NODO | Fu(kg) | TIPO | Bn | Fce(kg/cm2) | Wn(cm) |
|---|------|----------|------|------|-------------|--------|
| 1 | 1 | 5471.48 | CCT | 0.80 | 142.8 | 5.11 |
| 2 | 1 | -2221.96 | CCT | 0.80 | 142.8 | 2.08 |
| 3 | 2 | 5471.48 | CCC | 1.00 | 178.5 | 4.09 |
| 4 | 2 | 5471.48 | CCC | 1.00 | 178.5 | 4.09 |
| 5 | 3 | 5471.48 | CCT | 0.80 | 142.8 | 5.11 |
| 6 | 3 | -2221.96 | CCT | 0.80 | 142.8 | 2.08 |

FUERZAS EN LOS NUDOS



FUERZAS EN LAS BARRAS





C. CONTROL DE BARRAS

Teniendo presente la matriz triangulación “T”, el matriz tipo de nodos “tipo1” y la matriz de cargas “F”.

| | | Inicio | Fin |
|----|---------|-----------|-----------|
| | Barra 1 | Nudo “a1” | Nudo “b1” |
| T= | Barra 2 | Nudo “a2” | Nudo “b2” |
| | Barra 3 | Nudo “a3” | Nudo “b3” |
| | : | : | : |

$$T = \begin{bmatrix} T(1,1) & T(1,2) \\ T(2,1) & T(2,2) \\ T(3,1) & T(3,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 2 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$$

| | NODO | TIPO |
|--------|------|-----------------|
| | 1 | CCC ó CCT ó CTT |
| Tipo1= | 2 | CCC ó CCT ó CTT |
| | 3 | CCC ó CCT ó CTT |
| | : | : |

| | Nodo | Tipo |
|-------|------|------|
| Tipo1 | 1 | CCT |
| | 2 | CCC |
| | 3 | CCT |

| | | 1 | 2 | 3 | .... | #Nodos |
|-----|---------|------------|------------|------------|------|------------|
| | 1 | P(1,1) o 0 | P(1,1) o 0 | P(1,1) o 0 | .... | P(1,1) o 0 |
| | 2 | P(3,1) o 0 | P(3,1) o 0 | P(3,1) o 0 | .... | P(3,1) o 0 |
| [F] | 3 | P(5,1) o 0 | P(5,1) o 0 | P(5,1) o 0 | .... | P(5,1) o 0 |
| | : | : | : | : | | : |
| | : | : | : | : | | : |
| | #barras | | | | | |

| | | Nodo 1 | Nodo 2 | Nodo 3 |
|-----|---------|----------|---------|----------|
| [F] | Barra 1 | 5471.48 | 5471.48 | 0 |
| | Barra 2 | 0 | 5471.48 | 5471.48 |
| | Barra 3 | -2221.96 | 0 | -2221.96 |



- El objetivo será crear la siguiente tabla para el control de barras.

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------------|---------------|------|-----|------|
| Barra | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo de Barra | Bs | fce | Fu | Ws |
| 1 | nodo inicio 01 | wi(1) | nodo final 01 | wf(1) | Botella o Prismática | Editable ▽ | fce1 | Fu1 | Ws1 |
| 2 | nodo inicio 02 | wi(2) | nodo final 02 | wf(2) | Botella o Prismática | Editable ▽ | fce2 | Fu2 | Ws2 |
| 3 | nodo inicio 03 | wi(3) | nodo final 03 | wf(3) | Botella o Prismática | Editable ▽ | fce3 | Fu3 | Ws3 |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : | : |

Columna (1): Creamos el vector número de barra

| | |
|------------------------------------|------------------------------|
| para i=1:#barras PT(i)=i fin | para i=1:3 PT(i)=i fin |
|------------------------------------|------------------------------|

| | | |
|--|--|--|
| para i=1 PT(1)=1 fin Entonces: PT(1)=1 | para i=2 PT(2)=2 fin Entonces: PT(2)=2 | para i=3 PT(3)=3 fin Entonces: PT(3)=3 |
|--|--|--|

Columna (2): Vector Inicio de barras

$$T(:,1) = \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 3 \end{bmatrix}$$

Columna (4): Vector Fin de barras

$$T(:,2) = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Columna (3): Ancho de la zona nodal en el extremo inicial de la barra.

| | |
|---|--|
| para i=1:#barras para j=1:#nodos si T(i,1)=Tipo1(j,1) Tip1(i)=Tipo1(j,2) si Tip1(i)='CCC' | para i=1:3 para j=1:3 si T(i,1)=Tipo1(j,1) Tip1(i)=Tipo1(j,2) si Tip1(i)='CCC' |
|---|--|



| | |
|--|--|
| <pre> Bn(i)=1 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*f*c wi(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip1(i)='CCT' Bn(i)=0.80 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*f*c wi(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip1(i)='CTT' Bn(i)=0.60 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*f*c wi(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) fin fin fin fin fin </pre> | <pre> Bn(i)=1 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*f*c wi(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip1(i)='CCT' Bn(i)=0.80 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*f*c wi(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip1(i)='CTT' Bn(i)=0.60 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*f*c wi(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) fin fin fin fin fin </pre> |
|--|--|

| | | |
|---|---|---|
| <pre> para i=1 para j=1 si T(1,1)=Tipo1(1,1) Tip1(1)=Tipo1(1,2) si Tip1(1)='CCC' Bn(1)=1 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*f*c wi(1)=F(1,1)/(Ø*fce(1)*b) elseif Tip1(1)='CCT' Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*f*c wi(1)=F(1,1)/(Ø*fce(1)*b) elseif Tip1(1)='CTT' Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*f*c wi(1)=F(1,1)/(Ø*fce(1)*b) fin fin fin fin fin </pre> <p>Entonces: $Bn(1)=0.80$ $\text{Ø}=0.75$ $fce(1)=0.85*Bn(1)*f*c$ $fce(1)=0.85*0.80*210=142.8$ $wi(1)=F(1,1)/(\text{Ø}*fce(1)*b)$ $wi(1)=5471.48/(0.75*142.8*10)=5.11$</p> | <pre> para i=1 para j=2 si T(1,1)=Tipo1(2,1) Tip1(1)=Tipo1(2,2) si Tip1(1)='CCC' Bn(1)=1 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*f*c wi(1)=F(1,2)/(Ø*fce(1)*b) elseif Tip1(1)='CCT' Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*f*c wi(1)=F(1,2)/(Ø*fce(1)*b) elseif Tip1(1)='CTT' Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*f*c wi(1)=F(1,2)/(Ø*fce(1)*b) fin fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para j=3 si T(1,1)=Tipo1(3,1) Tip1(1)=Tipo1(3,2) si Tip1(1)='CCC' Bn(1)=1 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*f*c wi(1)=F(1,3)/(Ø*fce(1)*b) elseif Tip1(1)='CCT' Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*f*c wi(1)=F(1,3)/(Ø*fce(1)*b) elseif Tip1(1)='CTT' Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*f*c wi(1)=F(1,3)/(Ø*fce(1)*b) fin fin fin fin fin </pre> |
|---|---|---|



| | | |
|---|---|---|
| <pre> para i=2 para j=1 si T(2,1)=Tipo1(1,1) Tip1(2)=Tipo1(1,2) si Tip1(2)='CCC' Bn(2)=1 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=F(2,1)/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip1(2)='CCT' Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=F(2,1)/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip1(2)='CTT' Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=F(2,1)/(Ø*fce(2)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=2 si T(2,1)=Tipo1(2,1) Tip1(2)=Tipo1(2,2) si Tip1(2)='CCC' Bn(2)=1 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=F(2,2)/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip1(2)='CCT' Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=F(2,2)/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip1(2)='CTT' Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=F(2,2)/(Ø*fce(2)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=3 si T(2,1)=Tipo1(3,1) Tip1(2)=Tipo1(3,2) si Tip1(2)='CCC' Bn(2)=1 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=F(2,3)/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip1(2)='CCT' Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=F(2,3)/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip1(2)='CTT' Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=F(2,3)/(Ø*fce(2)*b) fin fin fin Entonces: Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc fce(2)=0.85*0.80*210=142.8 wi(2)=F(2,3)/(Ø*fce(2)*b) wi(2)=5471.48/(0.75*142.8*10) wi(2)=5.11 </pre> |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| <pre> para i=3 para j=1 si T(3,1)=Tipo1(1,1) Tip1(3)=Tipo1(1,2) si Tip1(3)='CCC' Bn(3)=1 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=F(3,1)/(Ø*fce(3)*b) elseif Tip1(3)='CCT' Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=F(3,1)/(Ø*fce(3)*b) elseif Tip1(3)='CTT' Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=F(3,1)/(Ø*fce(3)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=2 si T(3,1)=Tipo1(2,1) Tip1(3)=Tipo1(2,2) si Tip1(3)='CCC' Bn(3)=1 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=F(3,2)/(Ø*fce(3)*b) elseif Tip1(3)='CCT' Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=F(3,2)/(Ø*fce(3)*b) elseif Tip1(3)='CTT' Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=F(3,2)/(Ø*fce(3)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=3 si T(3,1)=Tipo1(3,1) Tip1(3)=Tipo1(3,2) si Tip1(3)='CCC' Bn(3)=1 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=F(3,3)/(Ø*fce(3)*b) elseif Tip1(3)='CCT' Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=F(3,3)/(Ø*fce(3)*b) elseif Tip1(3)='CTT' Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=F(3,3)/(Ø*fce(3)*b) fin fin fin </pre> |
|---|---|---|



| | | |
|--|--|--|
| | | Entonces: $B_n(3)=0.80$ $\emptyset=0.75$ $f_{ce}(3)=0.85*B_n(3)*f_c$ $f_{ce}(3)=0.85*0.80*210=142.8$ $w_i(3)=F(3,3)/(\emptyset*f_{ce}(3)*b)$ $w_i(3)=2221.96/(0.75*142.8*10)$ $w_i(3)=2.08$ |
|--|--|--|

Finalmente se tendrá:

| | |
|----------|------|
| $w_i(1)$ | 5.11 |
| $w_i(2)$ | 5.11 |
| $w_i(3)$ | 2.08 |

Columna (5): Ancho de la zona nodal en el extremo final de la barra.

| | |
|--|---|
| <pre> para i=1:#barras para j=1:#nodos si T(i,2)=Tipo1(j,1) Tip2(i)=Tipo1(j,2) si Tip2(i)='CCC' Bn(i)=1.00 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wf(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip2(i)='CCT' Bn(i)=0.80 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wf(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip2(i)='CTT' Bn(i)=0.60 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wf(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1:3 para j=1:3 si T(i,2)=Tipo1(j,1) Tip2(i)=Tipo1(j,2) si Tip2(i)='CCC' Bn(i)=1.00 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wf(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip2(i)='CCT' Bn(i)=0.80 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wf(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip2(i)='CTT' Bn(i)=0.60 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wf(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) fin fin fin </pre> |
|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 para j=1 si T(1,2)=Tipo1(1,1) Tip2(1)=Tipo1(1,2) si Tip2(1)='CCC' Bn(1)=1.00 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc </pre> | <pre> para i=1 para j=2 si T(1,2)=Tipo1(2,1) Tip2(1)=Tipo1(2,2) si Tip2(1)='CCC' Bn(1)=1.00 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc </pre> | <pre> para i=1 para j=3 si T(1,2)=Tipo1(3,1) Tip2(1)=Tipo1(3,2) si Tip2(1)='CCC' Bn(1)=1.00 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|--|---|--|
| <pre> wf(1)=F(1,1)/(Ø*fce(1)*b) elseif Tip2(1)='CCT' Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=F(1,1)/(Ø*fce(1)*b) elseif Tip2(1)='CTT' Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=F(1,1)/(Ø*fce(1)*b) fin fin fin </pre> | <pre> wf(1)=F(1,2)/(Ø*fce(1)*b) elseif Tip2(1)='CCT' Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=F(1,2)/(Ø*fce(1)*b) elseif Tip2(1)='CTT' Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=F(1,2)/(Ø*fce(1)*b) fin fin fin </pre> <p>Entonces: Bn(1)=1.00 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc fce(1)=0.85*1.00*210=178.5 wf(1)=F(1,2)/(Ø*fce(1)*b) wf(1)=5471.48/(0.75*178.5*10) wf(1)=4.09</p> | <pre> wf(1)=F(1,3)/(Ø*fce(1)*b) elseif Tip2(1)='CCT' Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=F(1,3)/(Ø*fce(1)*b) elseif Tip2(1)='CTT' Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=F(1,3)/(Ø*fce(1)*b) fin fin fin </pre> |
|--|---|--|

| | | |
|--|---|--|
| <pre> para i=2 para j=1 si T(2,2)=Tipo1(1,1) Tip2(2)=Tipo1(1,2) si Tip2(2)='CCC' Bn(2)=1.00 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=F(2,1)/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip2(2)='CCT' Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=F(2,1)/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip2(2)='CTT' Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=F(2,1)/(Ø*fce(2)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=2 si T(2,2)=Tipo1(2,1) Tip2(2)=Tipo1(2,2) si Tip2(2)='CCC' Bn(2)=1.00 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=F(2,2)/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip2(2)='CCT' Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=F(2,2)/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip2(2)='CTT' Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=F(2,2)/(Ø*fce(2)*b) fin fin fin </pre> <p>Entonces: Bn(2)=1.00 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc fce(2)=0.85*1.00*210=178.5 wf(2)=F(2,2)/(Ø*fce(2)*b) wf(2)=5471.48/(0.75*178.5*10) wf(2)=4.09</p> | <pre> para i=2 para j=3 si T(2,2)=Tipo1(3,1) Tip2(2)=Tipo1(3,2) si Tip2(2)='CCC' Bn(2)=1.00 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=F(2,3)/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip2(2)='CCT' Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=F(2,3)/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip2(2)='CTT' Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=F(2,3)/(Ø*fce(2)*b) fin fin fin </pre> |
|--|---|--|



| | | |
|---|--|--|
| <pre> para i=3 para j=1 si T(3,2)=Tipo1(1,1) Tip2(3)=Tipo1(1,2) si Tip2(3)='CCC' Bn(3)=1.00 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=F(3,1)/(Ø*fce(3)*b) elseif Tip2(3)='CCT' Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=F(3,1)/(Ø*fce(3)*b) elseif Tip2(3)='CTT' Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=F(3,1)/(Ø*fce(3)*b) fin fin fin Entonces: Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc fce(3)=0.85*0.80*210=142.8 wf(3)=F(3,1)/(Ø*fce(3)*b) wf(3)=2221.96/(0.75*142.8*10) wf(3)=2.08 </pre> | <pre> para i=3 para j=2 si T(3,2)=Tipo1(2,1) Tip2(3)=Tipo1(2,2) si Tip2(3)='CCC' Bn(3)=1.00 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=F(3,2)/(Ø*fce(3)*b) elseif Tip2(3)='CCT' Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=F(3,2)/(Ø*fce(3)*b) elseif Tip2(3)='CTT' Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=F(3,2)/(Ø*fce(3)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=3 si T(3,2)=Tipo1(3,1) Tip2(3)=Tipo1(3,2) si Tip2(3)='CCC' Bn(3)=1.00 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=F(3,3)/(Ø*fce(3)*b) elseif Tip2(3)='CCT' Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=F(3,3)/(Ø*fce(3)*b) elseif Tip2(3)='CTT' Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=F(3,3)/(Ø*fce(3)*b) fin fin fin </pre> |
|---|--|--|

Finalmente:

| | |
|-------|------|
| wf(1) | 4.09 |
| wf(2) | 4.09 |
| wf(3) | 2.08 |

Columna (6): Tipo de Barra

| | |
|--|--|
| <pre> para i=1:#barras si wi(i)>wf(i) o wf(i)>wi(i) TipoBarra(i)='Botella' elseif wi(i)=wf(i) TipoBarra(i)='Prisma' fin fin </pre> | <pre> para i=1:3 si wi(i)>wf(i) o wf(i)>wi(i) TipoBarra(i)='Botella' elseif wi(i)=wf(i) TipoBarra(i)='Prisma' fin fin </pre> |
|--|--|



Sabemos que:

| | |
|-------|------|
| wi(1) | 5.11 |
| wi(2) | 5.11 |
| wi(3) | 2.08 |

| | |
|-------|------|
| wf(1) | 4.09 |
| wf(2) | 4.09 |
| wf(3) | 2.08 |

Entonces:

| | | |
|---|---|--|
| <pre> para i=1 si wi(1)>wf(1) o wf(1)>wi(1) TipoBarra(1)='Botella' elseif wi(1)=wf(1) TipoBarra(1)='Prisma' fin fin Entonces: TipoBarra(1)='Botella' </pre> | <pre> para i=2 si wi(2)>wf(2) o wf(2)>wi(2) TipoBarra(2)='Botella' elseif wi(2)=wf(2) TipoBarra(2)='Prisma' fin fin Entonces: TipoBarra(2)='Botella' </pre> | <pre> para i=3 si wi(3)>wf(3) o wf(3)>wi(3) TipoBarra(3)='Botella' elseif wi(3)=wf(3) TipoBarra(3)='Prisma' fin fin Entonces: TipoBarra(3)='Prisma' </pre> |
|---|---|--|

Finalmente:

| | |
|--------------|-----------|
| TipoBarra(1) | 'Botella' |
| TipoBarra(2) | 'Botella' |
| TipoBarra(3) | 'Prisma' |

Columna (7): Factor puntal (editable desplegable en la misma tabla)

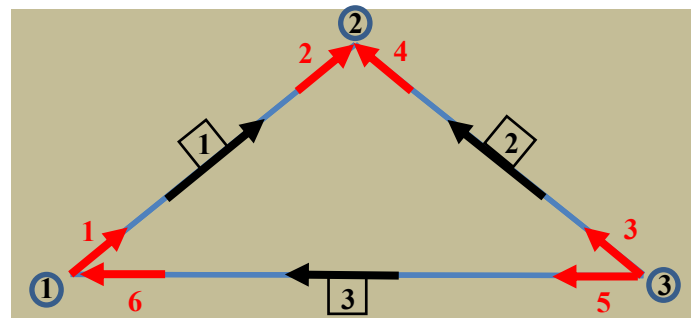
El factor Bs podrá tomar los valores 0.40, 0.75, 1.00.

Sabemos que:

| Ubicación del puntal | Tipo de Puntal | Criterios | β_s | |
|--|----------------|-----------------|-----------|-----|
| Puntales en elementos sometidos a tracción o en zonas de | Ninguna | Todos los casos | 0.40 | (a) |



| | | | | |
|-----------------------|----------------------|---|------|-----|
| tracción de elementos | | | | |
| Todos los otros casos | Puntales de contorno | Todos los casos | 1.00 | (b) |
| | Puntales interiores | Refuerzo que satisface (a) o (b) de la tabla 23.5.1 | 0.75 | (c) |
| | | Ubicado en regiones que satisfacen 23.4.4 | 0.75 | (d) |
| | | Articulaciones Columna-Viga | 0.75 | (e) |
| | | Todos los otros casos | 0.40 | (f) |



| | | |
|-------|------|--|
| Bs(1) | 1.00 | Puntal de contorno |
| Bs(2) | 1.00 | Puntal de contorno |
| Bs(3) | 1.00 | Es un tensor pero la fuerza que ejerce en la zona nodal es el de un puntal, por su ubicación es de contorno. |



Columna (8): Resistencia efectiva del concreto en un Puntal

| | |
|---|---|
| para i=1:#barras fce(i)=0.85*Bs(i)*f _c fin | para i=1:3 fce(i)=0.85*Bs(i)*f _c fin |
|---|---|

| | | |
|--|--|--|
| para i=1 $fce(1)=0.85*Bs(1)*f_c$ fin Entonces: $fce(1)=0.85*Bs(1)*f_c$ $fce(1)=0.85*1.00*210$ $fce(1)=178.5$ | para i=2 $fce(2)=0.85*Bs(2)*f_c$ fin Entonces: $fce(2)=0.85*Bs(2)*f_c$ $fce(2)=0.85*1.00*210$ $fce(2)=178.5$ | para i=3 $fce(3)=0.85*Bs(3)*f_c$ fin Entonces: $fce(3)=0.85*Bs(3)*f_c$ $fce(3)=0.85*1.00*210$ $fce(3)=178.5$ |
|--|--|--|

| | |
|--------|-------|
| fce(1) | 178.5 |
| fce(2) | 178.5 |
| fce(3) | 178.5 |

Columna (9): Fuerzas ultimas en las barras.

| | |
|--|--------------------------------------|
| para i=1:#barras Fu(i)=P(2i-1,1) fin | para i=1:3 Fu(i)=P(2i-1,1) fin |
|--|--------------------------------------|

| | | |
|--|--|---|
| para i=1 $Fu(1)=P(2*1-1,1)$ fin Entonces: $Fu(1)=P(1,1)=5471.48$ | para i=2 $Fu(2)=P(2*2-1,1)$ fin Entonces: $Fu(2)=P(3,1)=5471.48$ | para i=3 $Fu(3)=P(2*3-1,1)$ fin Entonces: $Fu(3)=P(5,1)=-2221.96$ |
|--|--|---|

| | |
|-------|----------|
| Fu(1) | 5471.48 |
| Fu(2) | 5471.48 |
| Fu(3) | -2221.96 |

Columna (10): Ancho del Puntal

| | |
|----------------------------|----------------------|
| para i=1:#barras Ø=0.75 | para i=1:3 Ø=0.75 |
|----------------------------|----------------------|



| | |
|---|---|
| $ws(i)= Fu(i) /(\emptyset * fce(i) * b)$ | $ws(i)= Fu(i) /(\emptyset * fce(i) * b)$ |
| fin | fin |

| | | |
|--|--|--|
| para i=1 $\emptyset=0.75$ $ws(1)= Fu(1) /(\emptyset * fce(1) * b)$ fin Entonces: $ws(1)=5471.48/(0.75 * 178.5 * 10)$ $ws(1)=4.09$ | para i=2 $\emptyset=0.75$ $ws(2)= Fu(2) /(\emptyset * fce(2) * b)$ fin Entonces: $ws(2)=5471.48/(0.75 * 178.5 * 10)$ $ws(2)=4.09$ | para i=3 $\emptyset=0.75$ $ws(3)= Fu(3) /(\emptyset * fce(3) * b)$ fin Entonces: $ws(3)=2221.96/(0.75 * 178.5 * 10)$ $ws(3)=1.66$ |
|--|--|--|

| | |
|-------|------|
| ws(1) | 4.09 |
| ws(2) | 4.09 |
| ws(3) | 1.66 |

Finalmente:

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------------|---------------|------|-----|------|
| Barra | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo de Barra | Bs | fce | Fu | Ws |
| 1 | nodo inicio 01 | wi(1) | nodo final 01 | wf(1) | Botella o Prismática | Editable ▽ | fce1 | Fu1 | Ws1 |
| 2 | nodo inicio 02 | wi(2) | nodo final 02 | wf(2) | Botella o Prismática | Editable ▽ | fce2 | Fu2 | Ws2 |
| 3 | nodo inicio 03 | wi(3) | nodo final 03 | wf(3) | Botella o Prismática | Editable ▽ | fce3 | Fu3 | Ws3 |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : | : |

Reemplazando:

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
|-------|--------|------|-----|------|---------------|------|-------|----------|------|
| Barra | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo de Barra | Bs | fce | Fu | Ws |
| 1 | 1 | 5.11 | 2 | 4.09 | Botella | 1.00 | 178.5 | 5471.48 | 4.09 |
| 2 | 3 | 5.11 | 2 | 4.09 | Botella | 1.00 | 178.5 | 5471.48 | 4.09 |
| 3 | 3 | 2.08 | 1 | 2.08 | Prismática | 1.00 | 178.5 | -2221.96 | 1.66 |

- Creamos una segunda tabla, donde se mostrará el mayor ancho efectivo de cada barra en sus extremos, sea debido al control por fuerzas en zonas nodales o fuerzas en las barras.

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------------|
| BARRA | INICIO | wi | FIN | wf | TIPO |
| 1 | Nudo inicio 01 | wi(1) | Nudo final 01 | wf(1) | "Botella" o "Prisma" |



| | | | | | |
|---|----------------|-------|---------------|-------|----------------------|
| 2 | Nudo inicio 02 | wi(2) | Nudo final 02 | wf(2) | "Botella" o "Prisma" |
| 3 | Nudo inicio 03 | wi(3) | Nudo final 03 | wf(3) | "Botella" o "Prisma" |
| : | : | : | : | : | : |
| : | : | : | : | : | : |

Columna (1):

| | |
|------------------------------------|------------------------------|
| para i=1:#barras PT(i)=i fin | para i=1:3 PT(i)=i fin |
|------------------------------------|------------------------------|

| | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| para i=1 PT(1)=1 fin | para i=2 PT(2)=2 fin | para i=3 PT(3)=3 fin |
| Entonces: PT(1)=1 | Entonces: PT(2)=2 | Entonces: PT(3)=3 |

Columna (2):

$$T(:,1) = \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 3 \end{bmatrix}$$

Columna (4):

$$T(:,2) = \begin{bmatrix} 2 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Columna (3) y (5):

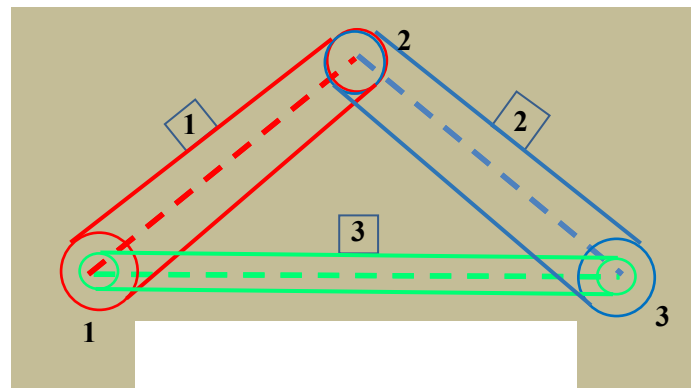
| | |
|--|--|
| para i=1:#barras Winicio(i)=maximo(wi(i),ws(i)) Wfinal(i)=máximo(wf(i),ws(i)) fin | para i=1:3 Winicio(i)=maximo(wi(i),ws(i)) Wfinal(i)=máximo(wf(i),ws(i)) fin |
|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| para i=1 Winicio(1)=maximo(wi(1),ws(1)) Wfinal(1)=máximo(wf(1),ws(1)) fin | para i=2 Winicio(2)=maximo(wi(2),ws(2)) Wfinal(2)=máximo(wf(2),ws(2)) fin | para i=3 Winicio(3)=maximo(wi(3),ws(3)) Wfinal(3)=máximo(wf(3),ws(3)) fin |
| Entonces: Winicio(1)=maximo(wi(1),ws(1)) Winicio(1)=máximo(5.11,4.09) | Entonces: Winicio(2)=maximo(wi(2),ws(2)) Winicio(2)=maximo(5.11,4.09) | Entonces: Winicio(3)=maximo(wi(3),ws(3)) Winicio(3)=maximo(2.08,1.66) |



| | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Winicio(1)=5.11 | Winicio(2)=5.11 | Winicio(3)=2.08 |
| Wfinal(1)=máximo(wf(1),ws(1)) | Wfinal(2)=máximo(wf(2),ws(2)) | Wfinal(3)=máximo(wf(3),ws(3)) |
| Wfinal(1)=máximo(4.09,4.09) | Wfinal(2)=máximo(4.09,4.09) | Wfinal(3)=máximo(2.08,1.66) |
| Wfinal(1)=4.09 | Wfinal(2)=4.09 | Wfinal(3)=2.08 |

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | |
|-------|--------|------|-----|------|-----------|-------|
| BARRA | INICIO | wi | FIN | wf | TIPO | COLOR |
| 1 | 1 | 5.11 | 2 | 4.09 | "Botella" | Rojo |
| 2 | 3 | 5.11 | 2 | 4.09 | "Botella" | Azul |
| 3 | 3 | 2.08 | 1 | 2.08 | "Prisma" | Verde |



D. ACERO EN TENSORES

El objetivo será crear la siguiente tabla:

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|----------|-----------------|------|------------|------|------------|---------|-------------|
| Barra | Carga en Tensor | Ø | fy | Ats | DIAMETRO | Abarra | N° Varillas |
| Tensor 1 | $P_{Tensor1}$ | 0.75 | 4200 o 420 | Ats1 | Editable ▽ | Abarra1 | N1 |
| Tensor 2 | $P_{Tensor2}$ | 0.75 | 4200 o 420 | Ats2 | Editable ▽ | Abarra2 | N2 |
| Tensor 3 | $P_{Tensor3}$ | 0.75 | 4200 o 420 | Ats3 | Editable ▽ | Abarra3 | N3 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

Columna 01, 02, 03, 04 Y 05: Creamos las matrices columna del Numero de barra del Tensor, Carga en cada tensor, factor de reducción y el esfuerzo de fluencia del acero.

Sabemos que el vector de cargas internas del análisis de la cercha ideal:



| | | |
|------|--------|-----|
| [P]= | P(1,1) | P1 |
| | P(2,1) | -P1 |
| | P(3,1) | P2 |
| | P(4,1) | -P2 |
| | P(5,1) | P3 |
| | : | : |
| : | : | |

| | | |
|------|--------|----------|
| [P]= | P(1,1) | 5471.48 |
| | P(2,1) | -5471.48 |
| | P(3,1) | 5471.48 |
| | P(4,1) | -5471.48 |
| | P(5,1) | -2221.96 |
| | P(6,1) | 2221.96 |

Entonces se podrá decir:

$$P(2i - 1) > 0 \rightarrow \text{Compresion} \quad , \quad P(2i - 1) < 0 \rightarrow \text{Traccion}$$

Luego el algoritmo será:

| | |
|--|--|
| <pre> para i=1:#barras k=0 si P(2i-1)<0 k1=k+1 k=k1 Tensor(k1)=i FTensor(k1,1)=P(2i-1) Factor(k1,1)=0.75 fy(k1,1)=4200 o 420 Ats(k1,1)=\|FTensor(k1,1)\|/(Factor(k1,1)*fy(k1,1)) fin fin </pre> | <pre> para i=1:3 k=0 si P(2i-1)<0 k1=k+1 k=k1 Tensor(k1)=i FTensor(k1,1)=P(2i-1) Factor(k1,1)=0.75 fy(k1,1)=4200 Ats(k1,1)=\|FTensor(k1,1)\|/(Factor(k1,1)*fy(k1,1)) fin fin </pre> |
|--|--|

| | |
|--|--|
| <pre> para i=1 k=0 si P(1)<0 k1=k+1 k=k1 Tensor(k1)=1 FTensor(k1,1)=P(1) Factor(k1,1)=0.75 fy(k1,1)=4200 Ats(k1,1)=\|FTensor(k1,1)\|/(Factor(k1,1)*fy(k1,1)) fin fin </pre> | <pre> para i=2 k=0 si P(3)<0 k1=k+1 k=k1 Tensor(k1)=2 FTensor(k1,1)=P(3) Factor(k1,1)=0.75 fy(k1,1)=4200 Ats(k1,1)=\|FTensor(k1,1)\|/(Factor(k1,1)*fy(k1,1)) fin fin </pre> |
|--|--|



```

para i=3
k=0
si P(5)<0
k1=k+1
k=k1
Tensor(k1)=3
FTensor(k1,1)=P(5)
Factor(k1,1)=0.75
fy(k1,1)=4200
Ats(k1,1)=FTensor(k1,1)/(Factor(k1,1)*fy(k1,1))
fin
fin

Entonces:
k1=k+1=0+1=1
k=k1=1
Tensor(k1)=3
Tensor(1)=3
FTensor(1,1)=P(5)=-2221.96
Factor(1,1)=0.75
fy(1,1)=4200
Ats(1,1)=|FTensor(1,1)|/(Factor(1,1)*fy(1,1))
Ats(1,1)=2221.96/(0.75*4200)=0.71
    
```

Columna 06: Es una columna editable, donde se seleccionará el diámetro de la barra.

Entonces se tendrá una matriz columna de la siguiente forma, dependiendo del sistema de unidades y lo que se seleccione en cada opción.

| | Diámetro |
|------------|----------|
| diam (1,1) | 3/8 o 10 |
| diam (2,1) | 1/2 o 13 |
| diam (3,1) | 1 o 25 |
| : | : |
| : | : |

| | Diámetro |
|------------|----------|
| diam (1,1) | 3/8 |

Columna 07: Se definirá la matriz columna del área del refuerzo seleccionado dependiendo el sistema de unidades también seleccionado (SI o mks), a continuación, mostrados para el algoritmo para el sistema mks.

| | |
|--|---|
| para i=1: #filas de FTensor si diam(i,1)=3/8 Abarra(i,1)=0.71 sino si diam(i,1)=1/2 | para i=1:1 si diam(i,1)=3/8 Abarra(i,1)=0.71 sino si diam(i,1)=1/2 |
|--|---|



| | |
|--|--|
| <pre> Abarra(i,1)=1.29 sino si diam(i,1)=5/8 Abarra(i,1)=1.99 sino si diam(i,1)=3/4 Abarra(i,1)=2.84 sino si diam(i,1)=1 Abarra(i,1)=5.10 fin fin </pre> | <pre> Abarra(i,1)=1.29 sino si diam(i,1)=5/8 Abarra(i,1)=1.99 sino si diam(i,1)=3/4 Abarra(i,1)=2.84 sino si diam(i,1)=1 Abarra(i,1)=5.10 fin fin </pre> |
|--|--|

```

para i=1
  si diam(1,1)=3/8
    Abarra(1,1)=0.71
  sino si diam(1,1)=1/2
    Abarra(1,1)=1.29
  sino si diam(1,1)=5/8
    Abarra(1,1)=1.99
  sino si diam(1,1)=3/4
    Abarra(1,1)=2.84
  sino si diam(1,1)=1
    Abarra(1,1)=5.10
  fin
fin

Entonces:
Abarra(1,1)=0.71

```

Columna 08: Se definirá la matriz columna del número de varillas necesarias para cada tensor.

| | |
|---|--|
| <pre> para i=1: #filas de FTensor Nbarras(i,1)=redondear(Ats(i,1)/Abarra(i,1)) fin </pre> | <pre> para i=1:1 Nbarras(i,1)=redondear(Ats(i,1)/Abarra(i,1)) fin </pre> |
|---|--|

```

para i=1
  Nbarras(1,1)=redondear(Ats(1,1)/Abarra(1,1))
fin

Entonces:
Nbarras(1,1)=redondear(Ats(1,1)/Abarra(1,1))
Nbarras(1,1)=redondear(0.71/0.71)=1

```



Finalmente reemplazamos:

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|-------|-----------------|------|------|------|----------|--------|-------------|
| Barra | Carga en Tensor | Ø | fy | Ats | DIAMETRO | Abarra | N° Varillas |
| 3 | -2221.96 | 0.75 | 4200 | 0.71 | 3/8 | 0.71 | 1 |

E. ACERO MINIMO

El objetivo será crear la siguiente tabla:

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|----------|-------------|------------|----------|------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| Puntal | α | Ah | S1 | Av | S2 | ρh | ρv | ρt |
| puntal 1 | $\alpha(1)$ | Editable ▽ | Editable | Editable ▽ | Editable | $\rho h(1)$ | $\rho v(1)$ | $\rho t(1)$ |
| puntal 2 | $\alpha(2)$ | Editable ▽ | Editable | Editable ▽ | Editable | $\rho h(2)$ | $\rho v(2)$ | $\rho t(2)$ |
| puntal 3 | $\alpha(3)$ | Editable ▽ | Editable | Editable ▽ | Editable | $\rho h(3)$ | $\rho v(3)$ | $\rho t(3)$ |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

Sabemos de los pasos anteriores:

| | |
|----------------|--------------------|
| alfa(1)=66.04 | angulo(1,1)=66.04 |
| alfa(2)=113.96 | angulo(2,1)=113.96 |
| alfa(3)=180 | angulo(3,1)=180 |

Columna 03,04, 05 y 06

Es una columna editable, donde se seleccionará el diámetro del refuerzo a usar, también se escogerá el espaciamiento horizontal y vertical al cual será distribuido el refuerzo.

| Ah | S1 | Av | S2 |
|------------|----|----|----|
| 3/8"(0.71) | 30 | 0 | 30 |
| 3/8"(0.71) | 30 | 0 | 30 |

Columna 01, 02, 07, 08 y 09

```

k=0
para i=1:#barras
  si P(2i-1)>0
    k1=k+1
    k=k1
    puntal(k1)=i
    alfa(k1,1)=angulo(i,1)
    ph(k1,1)=2Ah(k1,1)*abs(sen(alfa(k1,1)))/[b*S1(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
    pv(k1,1)=2Av(k1,1)*abs(cos(alfa(k1,1)))/[b*S2(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
  
```



```
pt(k1,1)= ph(k1,1)+ pv(k1,1)
fin
fin
```

```
k=0
para i=1:3
  si P(2i-1)>0
    k1=k+1
    k=k1
    puntal(k1)=i
    alfa(k1,1)=angulo(i,1)
    ph(k1,1)=2Ah(k1,1)*abs(sen(alfa(k1,1)))/[b*S1(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
    pv(k1,1)=2Av(k1,1)*abs(cos(alfa(k1,1)))/[b*S2(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
    pt(k1,1)= ph(k1,1)+ pv(k1,1)
  fin
fin
```

```
k=0
para i=1
  si P(1)>0
    k1=k+1
    k=k1
    puntal(k1)=1
    alfa(k1,1)=angulo(1,1)
    ph(k1,1)=2Ah(k1,1)*abs(sen(alfa(k1,1)))/[b*S1(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
    pv(k1,1)=2Av(k1,1)*abs(cos(alfa(k1,1)))/[b*S2(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
    pt(k1,1)= ph(k1,1)+ pv(k1,1)
  fin
fin
Entonces:
k1=k+1=0+1=1
k=k1=1
puntal(k1)=1 → puntal(1)=1
alfa(k1,1)=angulo(1,1) → alfa(1,1)=angulo(1,1)=66.04
ph(k1,1)=2Ah(1,1)*abs(sen(alfa(1,1)))/[b*S1(1,1)*( abs(sen(alfa(1,1)))+ abs(cos(alfa(1,1))))]
ph(k1,1)=2*0.71*abs(sen(66.04))/[10*30*( abs(sen(66.04)))+ abs(cos(66.04))]
ph(1,1)=2*0.71*abs(sen(66.04))/[10*30*( abs(sen(66.04)))+ abs(cos(66.04))]=0.0033
pv(k1,1)=2Av(1,1)*abs(cos(alfa(1,1)))/[b*S2(1,1)*( abs(sen(alfa(1,1)))+ abs(cos(alfa(1,1))))]
pv(k1,1)=2*0*abs(cos(alfa(1,1)))/[b*S2(1,1)*( abs(sen(alfa(1,1)))+ abs(cos(alfa(1,1))))]=0
pt(1,1)= ph(1,1)+ pv(1,1)
pt(1,1)= 0.0033+0=0.0033
```

```
para i=2
  si P(3)>0
    k1=k+1
    k=k1
    puntal(k1)=2
    alfa(k1,1)=angulo(2,1)
    ph(k1,1)=2Ah(k1,1)*abs(sen(alfa(k1,1)))/[b*S1(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
    pv(k1,1)=2Av(k1,1)*abs(cos(alfa(k1,1)))/[b*S2(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
    pt(k1,1)= ph(k1,1)+ pv(k1,1)
  fin
fin
Entonces:
```



```

k1=k+1=1+1=2
k=k1=2
puntal(2)=2
alfa(2,1)=angulo(2,1)=113.96
ph(2,1)=2Ah(2,1)*abs(sen(alfa(2,1)))/[b*S1(2,1)*( abs(sen(alfa(2,1)))+ abs(cos(alfa(2,1))))]
ph(2,1)=2*0.71*abs(sen(113.96))/[10*30*( abs(sen(113.96))+ abs(cos(113.96)))] = 0.0033
pv(2,1)=2Av(2,1)*abs(cos(alfa(2,1)))/[b*S2(2,1)*( abs(sen(alfa(2,1)))+ abs(cos(alfa(2,1))))]
pv(2,1)=2*0*abs(cos(113.96))/[10*30*( abs(sen(113.96))+ abs(cos(113.96)))] = 0
pt(2,1)= ph(2,1)+ pv(2,1)
pt(2,1)= 0.0033+0=0.0033
    
```

```

para i=3
  si P(5)>0
    k1=k+1
    k=k1
    puntal(k1)=2
    alfa(k1,1)=angulo(2,1)
    ph(k1,1)=2Ah(k1,1)*abs(sen(alfa(k1,1)))/[b*S1(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
    pv(k1,1)=2Av(k1,1)*abs(cos(alfa(k1,1)))/[b*S2(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
    pt(k1,1)= ph(k1,1)+ pv(k1,1)
  fin
fin
    
```

Reemplazamos en la tabla:

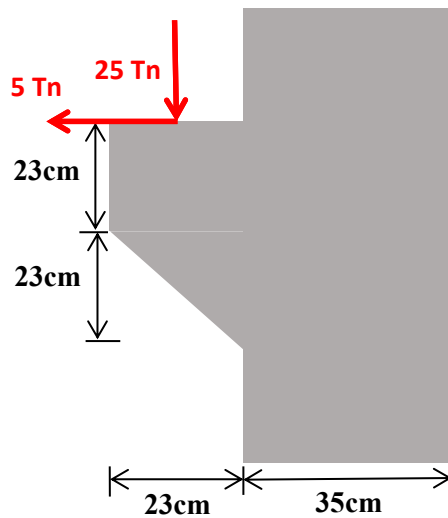
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|--------|----------|-----|-----|-----|-----|----------|----------|----------|
| Puntal | α | Ah | S1 | Av | S2 | ρh | ρv | ρt |
| 1 | 66.04 | 3/8 | 30 | 0 | 30 | 0.0033 | 0 | 0.0033 |
| 2 | 113.96 | 3/8 | 30 | 0 | 30 | 0.0033 | 0 | 0.0033 |



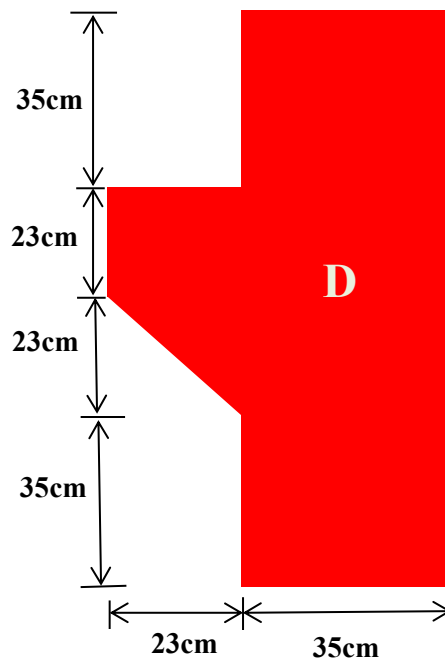
6.2. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO EN BRAQUETES O MENSULAS

6.2.1 SOLUCION ANALITICA

Sea la siguiente ménsula que soportara una viga prefabricada También el ancho de la columna es $b=30\text{cm}$ y $f'c=350\text{kg/cm}^2$.

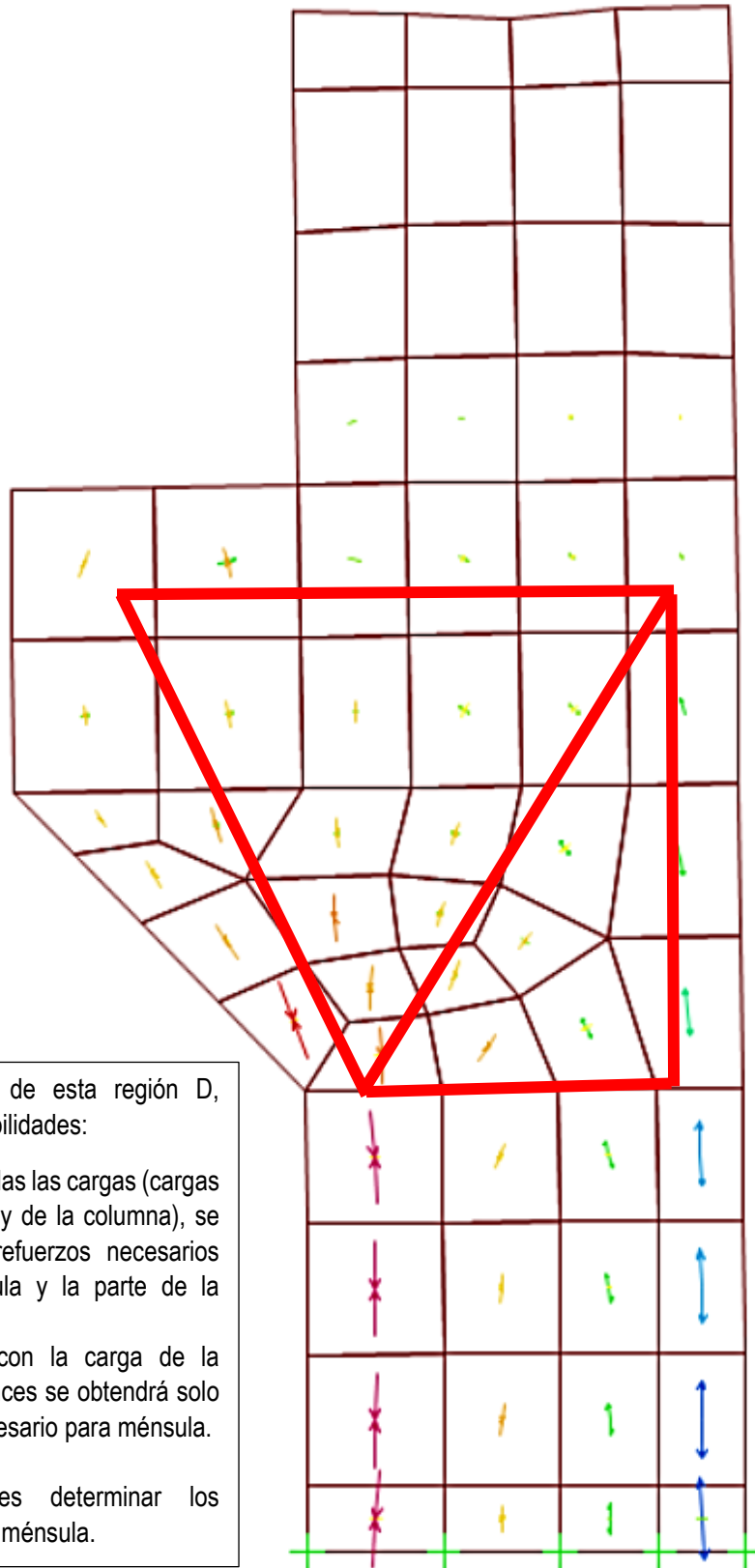


A. DEFINIMOS LAS ZONAS DE DISCONTINUIDAD O REGION D





B. DEFINIMOS EL FLUJO DE TENSIONES INTERNAS



Para el diseño de esta región D, existen dos posibilidades:

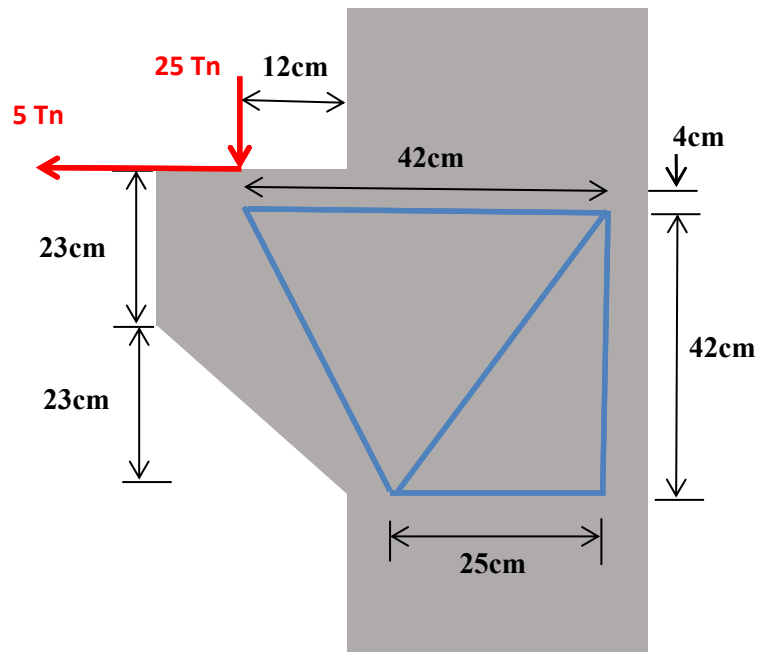
- Diseñar con todas las cargas (cargas en la ménsula y de la columna), se obtendrá los refuerzos necesarios para la ménsula y la parte de la columna.
- Diseñar solo con la carga de la ménsula, entonces se obtendrá solo el refuerzo necesario para ménsula.

El objetivo es determinar los refuerzos en la ménsula.

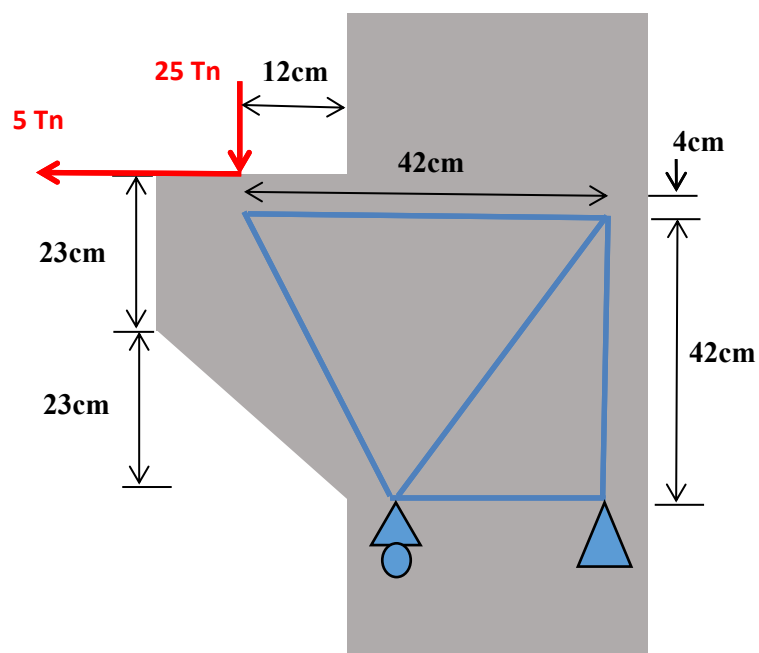


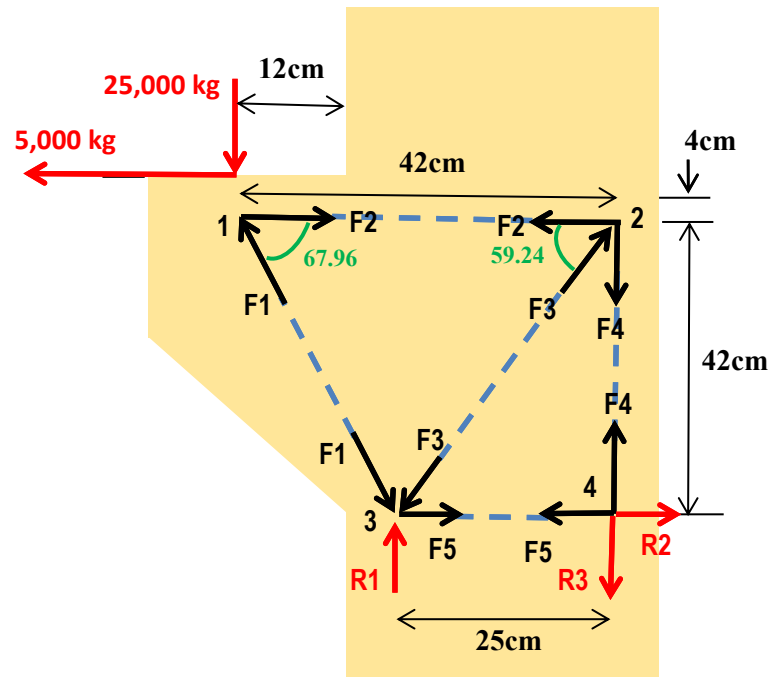
C. DEFINIMOS EL MODELO PUNTAL TENSOR

Como solo deseamos saber el refuerzo necesario para ménsula.



D. CALCULAMOS LAS FUERZAS EN CADA BARRA



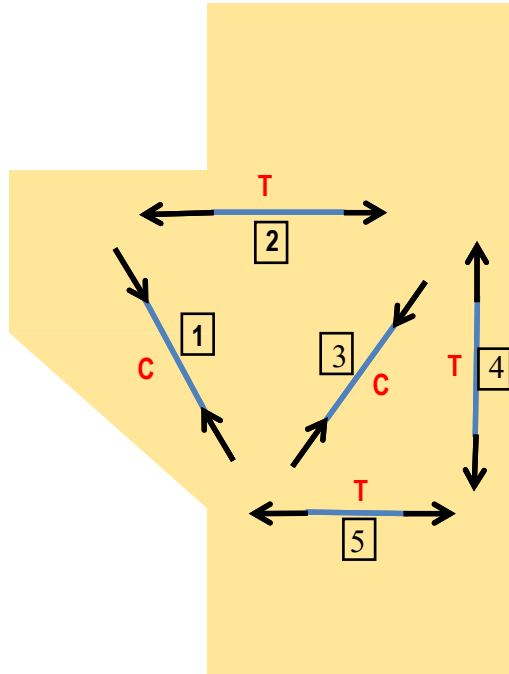
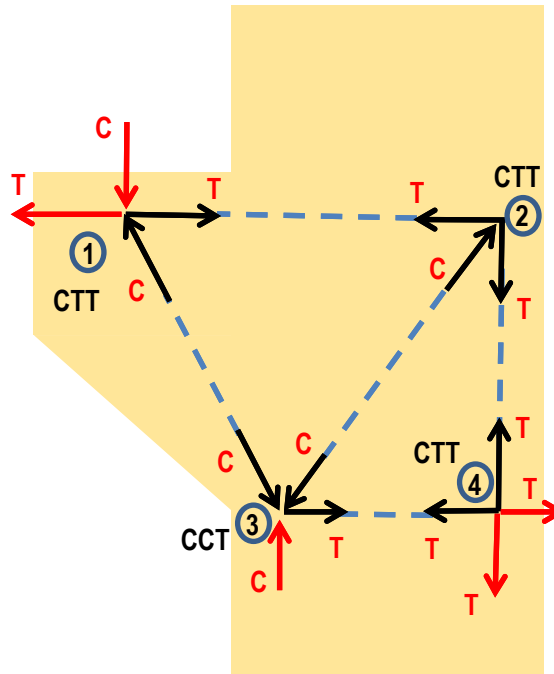


| | |
|---|---|
| <p>Nudo "1":</p> $F_1 \text{sen} 67.96 = 25,000 \text{ kg}$ $F_1 = 26,970.98 \text{ kg}$ $F_1 \text{cos} 67.96 + 5,000 = F_2$ $F_2 = 15,120.96 \text{ kg}$ | <p>Nudo "2":</p> $F_3 \text{cos} 59.24 = F_2$ $F_3 = 29,565.29 \text{ kg}$ $F_3 \text{sen} 59.24 = F_4$ $F_4 = 25,405.96 \text{ kg}$ |
| <p>Nudo "3":</p> $F_1 \text{cos} 67.96 + F_5 = F_3 \text{cos} 59.24$ $F_5 = 5,000 \text{ kg}$ | <p>Finalmente:</p> $F_1 = 26,970.98 \text{ kg}$ $F_2 = 15,120.96 \text{ kg}$ $F_3 = 29,565.29 \text{ kg}$ $F_4 = 25,400 \text{ kg}$ $F_5 = 5,000 \text{ kg}$ $R_1 = 50,400 \text{ kg}$ $R_2 = 5,000 \text{ kg}$ $R_3 = 25,400 \text{ kg}$ |



E. CONTROL DE NODOS

Sabemos del análisis que:



Sabemos que:

$$w_n \geq \frac{F_u}{\phi f_{ce} b}$$



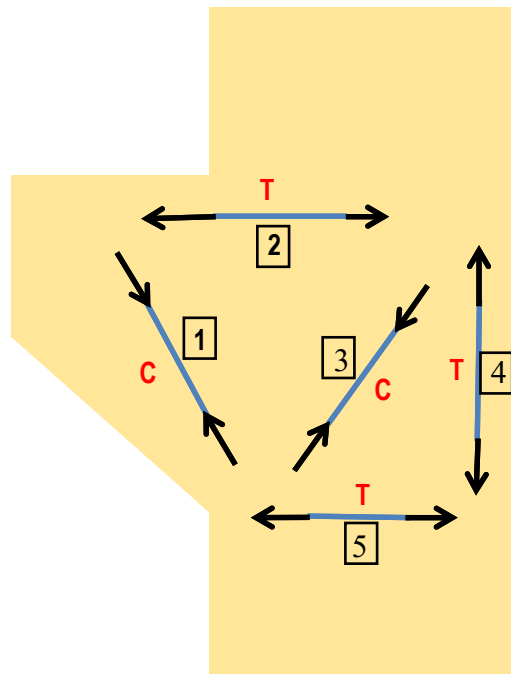
$$f_{ce} = 0.85\beta_n f'_c$$

| BARRA | NODO INICIO | Fu(kg) | TIPO | Bn | fce(kg/cm2) | Wni(cm) |
|-------|-------------|-----------|------|------|-------------|---------|
| 1 | 1 | 26,970.98 | CTT | 0.60 | 178.50 | 6.72 |
| 2 | 1 | 15,120.96 | CTT | 0.60 | 178.50 | 3.77 |
| 3 | 3 | 29,565.29 | CCT | 0.80 | 238.00 | 5.52 |
| 4 | 2 | 25,400.00 | CTT | 0.60 | 178.50 | 6.32 |
| 5 | 3 | 5,000.00 | CCT | 0.80 | 238.00 | 0.93 |

| BARRA | NODO FINAL | Fu(kg) | TIPO | Bn | fce(kg/cm2) | Wnf(cm) |
|-------|------------|-----------|------|------|-------------|---------|
| 1 | 3 | 26,970.98 | CCT | 0.80 | 238.00 | 5.04 |
| 2 | 2 | 15,120.96 | CTT | 0.60 | 178.50 | 3.77 |
| 3 | 2 | 29,565.29 | CTT | 0.60 | 178.50 | 7.36 |
| 4 | 4 | 25,400.00 | CTT | 0.60 | 178.50 | 6.32 |
| 5 | 4 | 5,000.00 | CTT | 0.60 | 178.50 | 1.25 |

F. CONTROL DE PUNTALES

Sabemos del análisis que:



Sabemos que:

$$w_s \geq \frac{F_u}{\phi f_{ceb}} \quad , \quad w_t = \frac{F_u}{\phi f_{ceb}} \quad , \quad f_{ce} = 0.85\beta_s f'_c$$

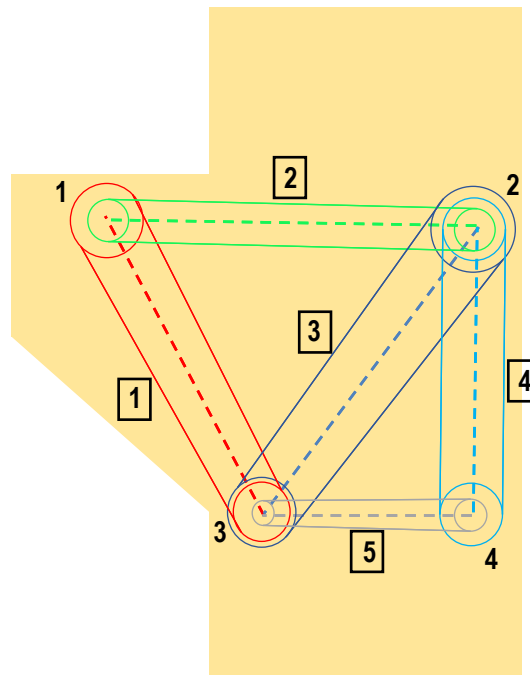


| Barra | Bs | fce(kg/cm ²) | Fu(kg) | Ws(cm) |
|-------|------|--------------------------|-----------|--------|
| 1 | 1.00 | 297.50 | 26,970.98 | 4.03 |
| 2 | 1.00 | 297.50 | 15,120.96 | 2.26 |
| 3 | 0.75 | 223.13 | 29,565.29 | 5.89 |
| 4 | 1.00 | 297.50 | 25,400.00 | 3.80 |
| 5 | 1.00 | 297.50 | 5,000.00 | 0.75 |

G. GRÁFICO DE ZONAS NODALES

Los anchos máximos finales serán:

| BARRA | INICIO | Wi (cm) | FIN | Wf(cm) | TIPO | COLOR |
|-------|--------|---------|-----|--------|------------|---------|
| 1 | 1 | 6.72 | 3 | 5.04 | Botella | Rojo |
| 2 | 1 | 3.77 | 2 | 3.77 | Prismatico | Verde |
| 3 | 3 | 5.89 | 2 | 7.36 | Botella | Azul |
| 4 | 2 | 6.32 | 4 | 6.32 | Prismatico | Celeste |
| 5 | 3 | 0.93 | 4 | 1.25 | Botella | Morado |



Después de graficar, podemos observar que en los nodos 1, 2, 3 y 4 se encuentran casi al límite.

| Nodo | Espacio Libre |
|------|--------------------------|
| 1 | $4-6.72/2=0.64\text{cm}$ |
| 2 | $5-7.36/2=1.32\text{cm}$ |
| 3 | $5-5.89/2=2.06\text{cm}$ |
| 4 | $5-6.32/2=1.84\text{cm}$ |



Entonces:

Refuerzo en dos direcciones ortogonales:

| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρ_h | ρ_v | ρ_t |
|--------|----------|------------|--------|------------|--------|----------|----------|---------------|
| 1 | 112.04 | 3/8"(0.71) | 20 | 3/8"(0.71) | 20 | 0.0017 | 0.0011 | 0.0028>0.0025 |
| 3 | 59.24 | 3/8"(0.71) | 20 | 3/8"(0.71) | 10 | 0.0015 | 0.0018 | 0.0033>0.0025 |

Refuerzo en una sola dirección (Horizontal):

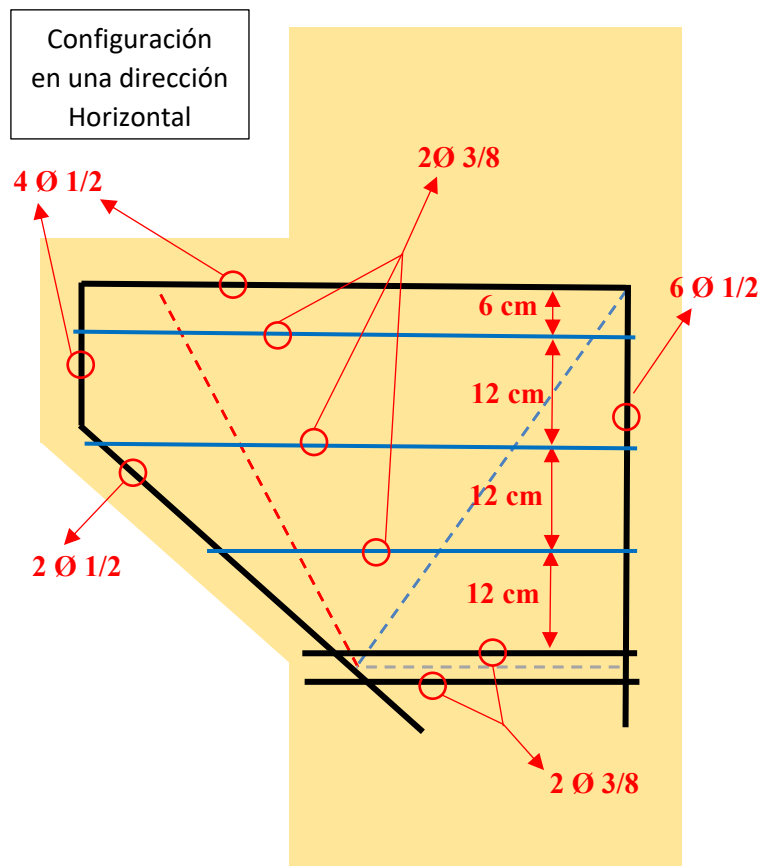
| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρ_h | ρ_v | ρ_t |
|--------|----------|------------|--------|----|--------|----------|----------|---------------|
| 1 | 112.04 | 3/8"(0.71) | 12 | 0 | 30 | 0.0028 | 0 | 0.0028>0.0025 |
| 3 | 59.24 | 3/8"(0.71) | 12 | 0 | 30 | 0.0025 | 0 | 0.0025>0.0025 |

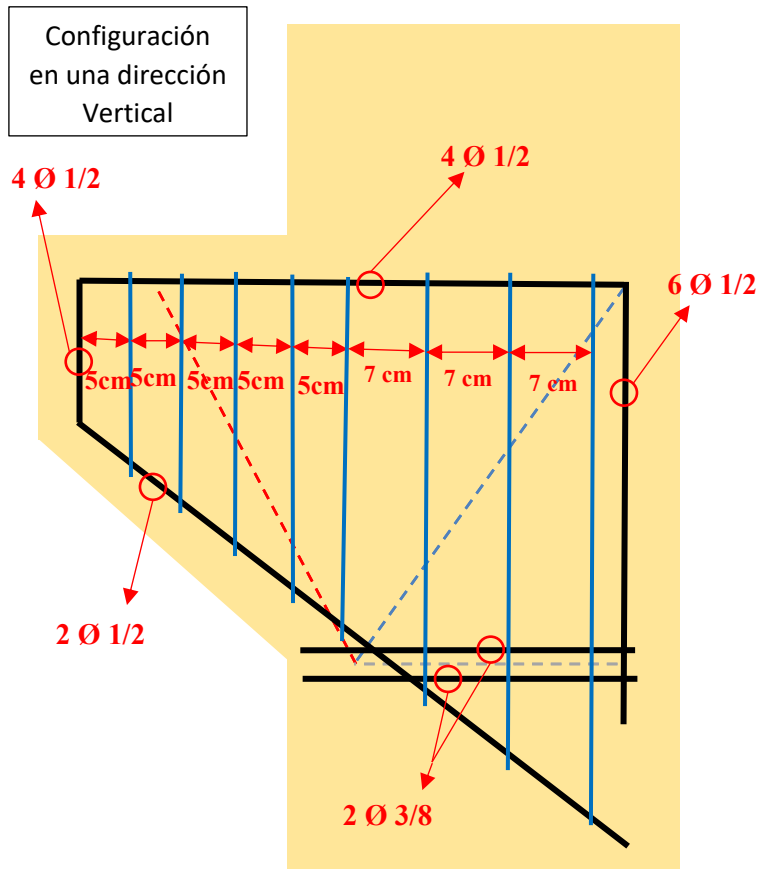
Refuerzo en una sola dirección (Vertical):

| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρ_h | ρ_v | ρ_t |
|--------|----------|----|--------|------------|--------|----------|----------|----------------|
| 1 | 112.04 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 5 | 0 | 0.0027 | 0.0027>0.0025 |
| 3 | 59.24 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 7 | 0 | 0.0025 | 0.0025>=0.0025 |

J. CONFIGURACION DE REFUERZOS

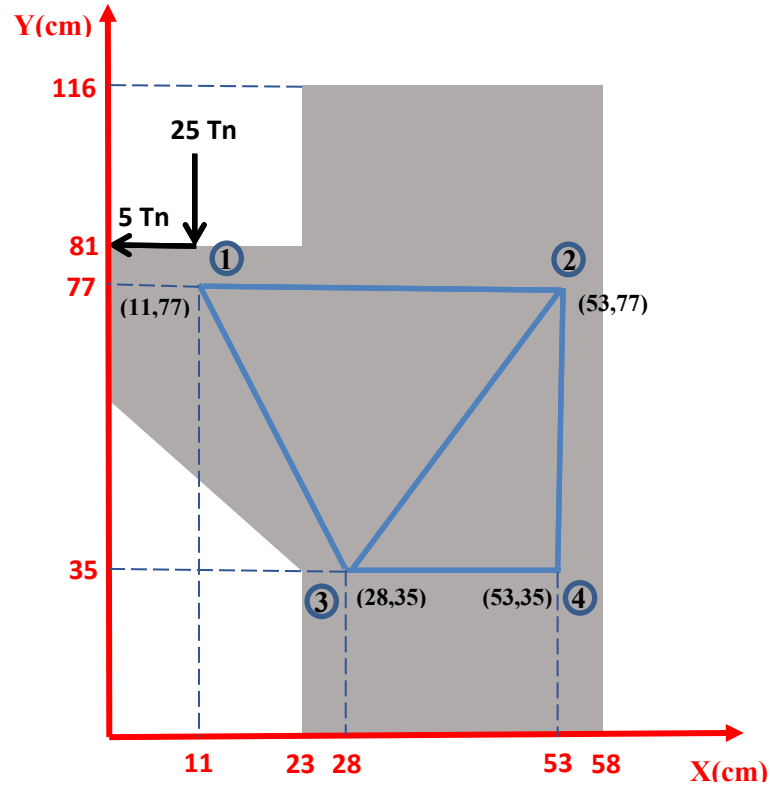
Los refuerzos se colocarán de la siguiente forma:







6.2.2 SOLUCION ALGORITMICA – MATRICIAL



A. SOLUCION DE LA CERCHA TEORICA (ARMADURA)

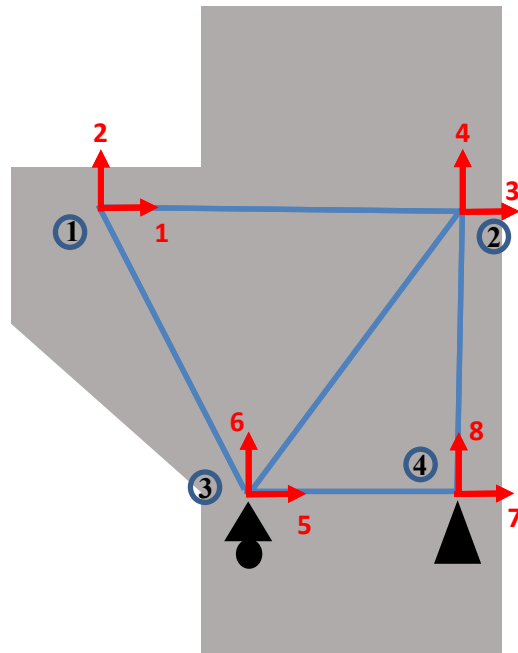
- Vectores de la geometría de los nudos de la cercha

| | | | | |
|---|------|------|------|------|
| | X(1) | X(2) | X(3) | X(4) |
| X | 11 | 53 | 28 | 53 |

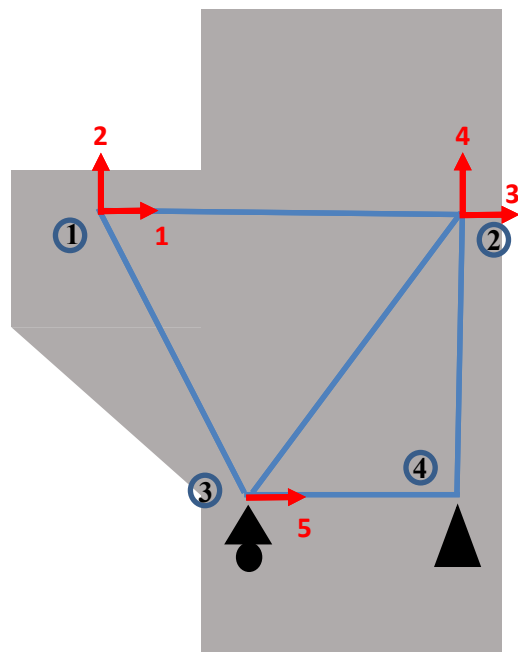
| | | | | |
|---|------|------|------|------|
| | Y(1) | Y(2) | Y(3) | Y(4) |
| Y | 77 | 77 | 35 | 35 |

- Vector de grados de libertad (se asigna ceros a los GDL restringidos)

| | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | GDL(1) | GDL(2) | GDL(3) | GDL(4) | GDL(5) | GDL(6) | GDL(7) | GDL(8) |
| GDL | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 |



- Vector Carga



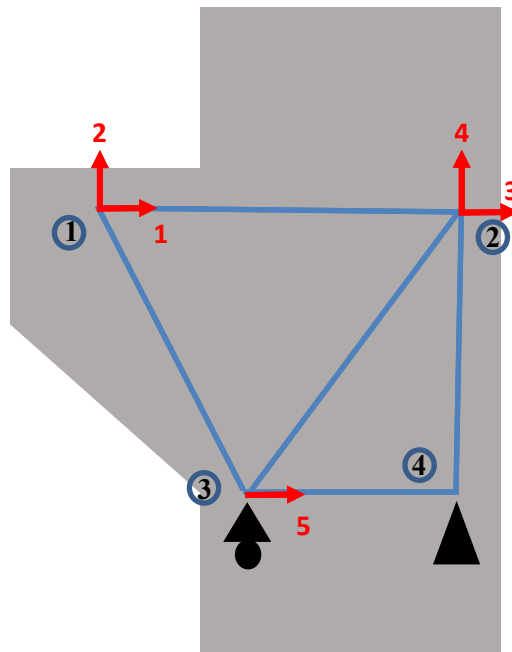
| | Q(1) | Q(2) | Q(3) | Q(4) | Q(5) |
|---|--------|---------|------|------|------|
| Q | -5,000 | -25,000 | 0 | 0 | 0 |



- Definimos la matriz triangulación o formación de cerchas

$$t = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1 & 2 \\ 3 & 2 \\ 2 & 4 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$$

- Definimos la matriz base de ceros para la matriz "A"



- Definimos la matriz base de ceros para la matriz "A".

n=4; b=5

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



10 0 0 0 0 0 0 0 0

- Definimos la matriz de nudos

| | |
|---|---|
| para i=1:n N(:, : ,i)=[x(i) y(i)] fin | para i=1:4 N(:, : ,i)=[x(i) y(i)] fin |
|---|---|

| | |
|-----|---|
| i=1 | N(:, : ,1)=[x(1) y(1)] → N(:, : ,1)=[11 77] |
| i=2 | N(:, : ,2)=[x(2) y(2)] → N(:, : ,2)=[53 77] |
| i=3 | N(:, : ,3)=[x(3) y(3)] → N(:, : ,3)=[28 35] |
| i=4 | N(:, : ,4)=[x(4) y(4)] → N(:, : ,4)=[53 35] |

- Definimos la matriz de barras

Sabemos de los pasos anteriores

$$t = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1 & 2 \\ 3 & 2 \\ 2 & 4 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$$

Luego:

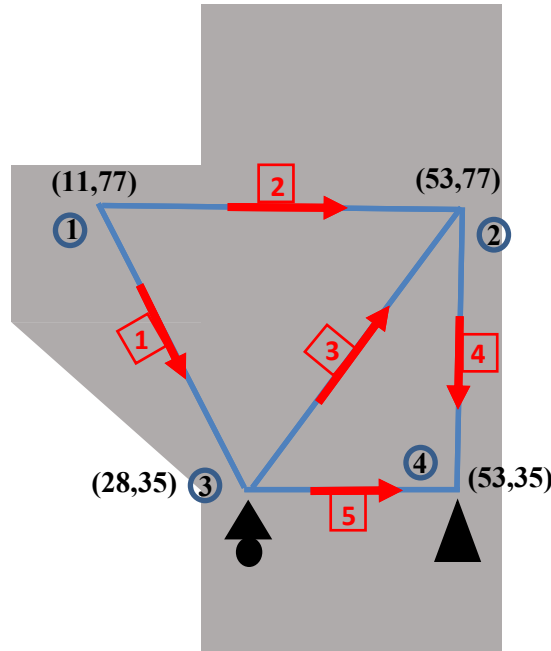
| | |
|---|---|
| para i=1:b N1(:, : ,i)=N(:, : ,t(i,1)) N2(:, : ,i)=N(:, : ,t(i,2)) B(:, : ,i)=[N1(:, : ,i) ; N2(:, : ,i)] fin | para i=1:5 N1(:, : ,i)=N(:, : ,t(i,1)) N2(:, : ,i)=N(:, : ,t(i,2)) B(:, : ,i)=[N1(:, : ,i) ; N2(:, : ,i)] fin |
|---|---|

| | N1(:, : ,i)=N(:, : ,t(i,1)) | N2(:, : ,i)=N(:, : ,t(i,2)) | B(:, : ,i)=[N1(:, : ,i) ; N2(:, : ,i)] |
|-----|--|--|--|
| i=1 | N1(:, : ,1)=N(:, : ,t(1,1)) N1(:, : ,1)=N(:, : ,1) N1(:, : ,1)=[11 77] | N2(:, : ,1)=N(:, : ,t(1,2)) N2(:, : ,1)=N(:, : ,3) N2(:, : ,1)=[28 35] | B(:, : ,1)=[N1(:, : ,1) ; N2(:, : ,1)] B(:, : ,1)=[[11 77]; [28 35]] |
| i=2 | N1(:, : ,2)=N(:, : ,t(2,1)) N1(:, : ,2)=N(:, : ,1) N1(:, : ,2)=[11 77] | N2(:, : ,2)=N(:, : ,t(2,2)) N2(:, : ,2)=N(:, : ,2) N2(:, : ,2)=[53 77] | B(:, : ,2)=[N1(:, : ,2) ; N2(:, : ,2)] B(:, : ,2)=[[11 77] ; [53 77]] |
| i=3 | N1(:, : ,3)=N(:, : ,t(3,1)) N1(:, : ,3)=N(:, : ,3) N1(:, : ,3)=[28 35] | N2(:, : ,3)=N(:, : ,t(3,2)) N2(:, : ,3)=N(:, : ,2) N2(:, : ,3)=[53 77] | B(:, : ,3)=[N1(:, : ,3) ; N2(:, : ,3)] B(:, : ,3)=[[28 35]; [53 77]] |
| i=4 | N1(:, : ,4)=N(:, : ,t(4,1)) N1(:, : ,4)=N(:, : ,2) N1(:, : ,4)=[53 77] | N2(:, : ,4)=N(:, : ,t(4,2)) N2(:, : ,4)=N(:, : ,4) N2(:, : ,4)=[53 35] | B(:, : ,4)=[N1(:, : ,4) ; N2(:, : ,4)] B(:, : ,4)=[[53 77]; [53 35]] |
| i=5 | N1(:, : ,5)=N(:, : ,t(5,1)) N1(:, : ,5)=N(:, : ,3) N1(:, : ,5)=[28 35] | N2(:, : ,5)=N(:, : ,t(5,2)) N2(:, : ,5)=N(:, : ,4) N2(:, : ,5)=[53 35] | B(:, : ,5)=[N1(:, : ,5) ; N2(:, : ,5)] B(:, : ,5)=[[28 35]; [53 35]] |



Luego:

| | | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|
| N1(:, :, 1) = [11 77] | N2(:, :, 1) = [28 35] | B(:, :, 1) = [[11 77] ; [28 35]] |
| N1(:, :, 2) = [11 77] | N2(:, :, 2) = [53 77] | B(:, :, 2) = [[11 77] ; [53 77]] |
| N1(:, :, 3) = [28 35] | N2(:, :, 3) = [53 77] | B(:, :, 3) = [[28 35] ; [53 77]] |
| N1(:, :, 4) = [53 77] | N2(:, :, 4) = [53 35] | B(:, :, 4) = [[53 77] ; [53 35]] |
| N1(:, :, 5) = [28 35] | N2(:, :, 5) = [53 35] | B(:, :, 5) = [[28 35] ; [53 35]] |



- Definimos las barras en posición normal y la longitud de las barras.

| | |
|---|---|
| para i=1:b br(:, :, i) = B(2, :, i) - B(1, :, i) $L(i) = \sqrt{(br(1,1,i))^2 + (br(1,2,i))^2}$ fin | para i=1:5 br(:, :, i) = B(2, :, i) - B(1, :, i) $L(i) = \sqrt{(br(1,1,i))^2 + (br(1,2,i))^2}$ fin |
|---|---|

| | $br(:, :, i) = B(2, :, i) - B(1, :, i)$ | $L(i) = \sqrt{(br(1,1,i))^2 + (br(1,2,i))^2}$ |
|-----|--|---|
| i=1 | br(:, :, 1) = B(2, :, 1) - B(1, :, 1) br(:, :, 1) = [28 35] - [11 77] br(:, :, 1) = [17 -42] | $L(1) = \sqrt{(br(1,1,1))^2 + (br(1,2,1))^2}$ $L(1) = \sqrt{(17)^2 + (-42)^2}$ $L(1) = 45.21cm$ |
| i=2 | br(:, :, 2) = B(2, :, 2) - B(1, :, 2) br(:, :, 2) = [53 77] - [11 77] br(:, :, 2) = [42 0] | $L(2) = \sqrt{(br(1,1,2))^2 + (br(1,2,2))^2}$ $L(2) = \sqrt{(42)^2 + (0)^2}$ $L(2) = 42cm$ |
| i=3 | br(:, :, 3) = B(2, :, 3) - B(1, :, 3) br(:, :, 3) = [53 77] - [28 35] br(:, :, 3) = [25 42] | $L(3) = \sqrt{(br(1,1,3))^2 + (br(1,2,3))^2}$ $L(3) = \sqrt{(25)^2 + (42)^2}$ $L(3) = 48.88cm$ |
| i=4 | br(:, :, 4) = B(2, :, 4) - B(1, :, 4) br(:, :, 4) = [53 35] - [53 77] br(:, :, 4) = [0 -42] | $L(4) = \sqrt{(br(1,1,4))^2 + (br(1,2,4))^2}$ $L(4) = \sqrt{(0)^2 + (-42)^2}$ $L(4) = 42cm$ |



| | | |
|-----|--|--|
| i=5 | $br(:, : ,5)=B(2, : ,5)-B(1, : ,5)$ $br(:, : ,5)=[53 \ 35]-[28 \ 35]$ $br(:, : ,5)=[25 \ 0]$ | $L(5) = \sqrt{(br(1,1,5))^2 + (br(1,2,5))^2}$ $L(5) = \sqrt{(25)^2 + (0)^2}$ $L(5) = 25cm$ |
|-----|--|--|

| L(1) | L(2) | L(3) | L(4) | L(5) |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 45.21 | 42.00 | 48.88 | 42.00 | 25.00 |

- Angulo que forman las barras con la horizontal

| | |
|--|--|
| para i=1:b $alfa(i)=\tan^{-1}(br(:, 2 ,i)/br(:,1,i))$ $angulo(i,1)=alfa(i)$ fin | para i=1:5 $alfa(i)=\tan^{-1}(br(:, 2 ,i)/br(:,1,i))$ $angulo(i,1)=alfa(i)$ fin |
|--|--|

| | $alfa(i)=\tan^{-1}(br(:, 2 ,i)/br(:,1,i))$ | $angulo(i,1)=alfa(i)$ |
|-----|---|---|
| i=1 | $alfa(1)=\tan^{-1}(br(:, 2 ,1)/br(:,1,1))$ $alfa(1)=\tan^{-1}(-42/17)$ $alfa(1)=-67.96$ | $angulo(1,1)=alfa(1)$ $angulo(1,1)=-67.96$ |
| i=2 | $alfa(2)=\tan^{-1}(br(:, 2 ,2)/br(:,1,2))$ $alfa(2)=\tan^{-1}(0/42)$ $alfa(2)=0$ | $angulo(2,1)=alfa(2)$ $angulo(2,1)=0$ |
| i=3 | $alfa(3)=\tan^{-1}(br(:, 2 ,3)/br(:,1,3))$ $alfa(3)=\tan^{-1}(42/25)$ $alfa(3)=59.24$ | $angulo(3,1)=alfa(3)$ $angulo(3,1)=59.24$ |
| i=4 | $alfa(4)=\tan^{-1}(br(:, 2 ,4)/br(:,1,4))$ $alfa(4)=\tan^{-1}(-42/0)$ $alfa(4)=-90$ | $angulo(4,1)=alfa(4)$ $angulo(4,1)=-90$ |
| i=5 | $alfa(5)=\tan^{-1}(br(:, 2 ,5)/br(:,1,5))$ $alfa(5)=\tan^{-1}(0/25)$ $alfa(5)=0$ | $angulo(5,1)=alfa(5)$ $angulo(5,1)=0$ |

| | |
|------------------|----------------------|
| $alfa(1)=-67.96$ | $angulo(1,1)=-67.96$ |
| $alfa(2)=0$ | $angulo(2,1)=0$ |
| $alfa(3)=59.24$ | $angulo(3,1)=59.24$ |
| $alfa(4)=-90$ | $angulo(4,1)=-90$ |
| $alfa(5)=0$ | $angulo(5,1)=0$ |

- Definimos los grados de libertad

| | |
|--|--|
| para i=1:n $H(2i-1)=2i-1$ $V(2i)=2i$ | para i=1:4 $H(2i-1)=2i-1$ $V(2i)=2i$ |
|--|--|



| | |
|----------------|---------------|
| fin H(2n)=0 | fin H(8)=0 |
|----------------|---------------|

| | | | |
|--|--|--|--|
| para i=1 $H(2i-1)=2i-1$ $V(2i)=2i$ fin Entonces: $H(1)=1$ $V(2)=2$ | para i=2 $H(2i-1)=2i-1$ $V(2i)=2i$ fin Entonces: $H(3)=3$ $V(4)=4$ | para i=3 $H(2i-1)=2i-1$ $V(2i)=2i$ fin Entonces: $H(5)=5$ $V(6)=6$ | para i=4 $H(2i-1)=2i-1$ $V(2i)=2i$ fin Entonces: $H(7)=7$ $V(8)=8$ |
|--|--|--|--|

Entonces:

| H(1) | H(2) | H(3) | H(4) | H(5) | H(6) | H(7) | H(8) |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0 | 3 | 0 | 5 | 0 | 7 | 0 |

| V(1) | V(2) | V(3) | V(4) | V(5) | V(6) | V(7) | V(8) |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 2 | 0 | 4 | 0 | 6 | 0 | 8 |

- Determinamos la matriz A sin tener presente las restricciones

| | |
|---|--|
| <pre> para i=1:2n para ttt=1:b si H(i)=i j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(i)=i j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1:8 para ttt=1:5 si H(i)=i j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin si V(i)=i j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin </pre> |
|---|--|

También podemos reducir el algoritmo de la siguiente forma:



| | |
|--|--|
| <pre> para "i" → impar para ttt=1:5 si H(i)=i j=(i+1)/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para "i" → par para ttt=1:5 si V(i)=i j=i/2 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> |
|--|--|

Sabemos del paso anterior:

| H(1) | H(2) | H(3) | H(4) | H(5) | H(6) | H(7) | H(8) |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0 | 3 | 0 | 5 | 0 | 7 | 0 |

| V(1) | V(2) | V(3) | V(4) | V(5) | V(6) | V(7) | V(8) |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 2 | 0 | 4 | 0 | 6 | 0 | 8 |

| | |
|-----|---|
| i=1 | N(:, : ,1)=[x(1) y(1)] → N(:, : ,1)=[11 77] |
| i=2 | N(:, : ,2)=[x(2) y(2)] → N(:, : ,2)=[53 77] |
| i=3 | N(:, : ,3)=[x(3) y(3)] → N(:, : ,3)=[28 35] |
| i=4 | N(:, : ,4)=[x(4) y(4)] → N(:, : ,4)=[53 35] |

| | | |
|----------------------|----------------------|-----------------------------------|
| N1(:, : ,1)=[11 77] | N2(:, : ,1)=[28 35] | B(:, : ,1)=[[11 77] ; [28 35]] |
| N1(:, : ,2)=[11 77] | N2(:, : ,2)=[53 77] | B(:, : ,2)=[[11 77] ; [53 77]] |
| N1(:, : ,3)=[28 35] | N2(:, : ,3)=[53 77] | B(:, : ,3)=[[28 35] ; [53 77]] |
| N1(:, : ,4)=[53 77] | N2(:, : ,4)=[53 35] | B(:, : ,4)=[[53 77] ; [53 35]] |
| N1(:, : ,5)=[28 35] | N2(:, : ,5)=[53 35] | B(:, : ,5)=[[28 35] ; [53 35]] |

| | |
|----------------|--------------------|
| alfa(1)=-67.96 | angulo(1,1)=-67.96 |
| alfa(2)=0 | angulo(2,1)=0 |
| alfa(3)=59.24 | angulo(3,1)=59.24 |
| alfa(4)=-90 | angulo(4,1)=-90 |
| alfa(5)=0 | angulo(5,1)=0 |

Luego:



| | | |
|--|--|---|
| <pre> para i=1 para ttt=1 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para ttt=1 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,1) A(1,1)=cos(alfa(1)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : ,1) A(2,1)=cos(alfa(1)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para ttt=1 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,1) A(1,1)=cos(alfa(1)) fin fin fin Entonces: A(1,1)=cos(-67.96) </pre> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 para ttt=2 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para ttt=2 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,2) A(3,1)=cos(alfa(2)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : ,2) A(4,1)=cos(alfa(2)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para ttt=2 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,2) A(3,1)=cos(alfa(2)) fin fin fin Entonces: A(3,1)=cos(0) </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 para ttt=3 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para ttt=3 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,3) A(5,1)=cos(alfa(3)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : ,3) A(6,1)=cos(alfa(3)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 para ttt=4 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para ttt=4 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,4) A(7,1)=cos(alfa(4)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : ,4) A(8,1)=cos(alfa(4)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|



| | | |
|--|--|--|
| <pre> fin fin fin fin </pre> | <pre> fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|---|--|
| <pre> para i=1 para ttt=5 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para ttt=5 si H(1)=1 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,5) A(9,1)=cos(alfa(5)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : ,5) A(10,1)=cos(alfa(5)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|---|--|

| | | |
|--|--|---|
| <pre> para i=2 para ttt=1 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para ttt=1 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,1) A(1,2)=sen(alfa(1)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : ,1) A(2,2)=sen(alfa(1)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para ttt=1 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,1) A(1,2)=sen(alfa(1)) fin fin fin Entonces: A(1,2)=sen(-67.96) </pre> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=2 para ttt=2 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para ttt=2 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,2) A(3,2)=sen(alfa(2)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : ,2) A(4,2)=sen(alfa(2)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para ttt=2 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,2) A(3,2)=sen(alfa(2)) fin fin Entonces: A(3,2)=sen(0) </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=2 para ttt=3 si V(2)=2 j=1 </pre> | <pre> para i=2 para ttt=3 si V(2)=2 j=1 </pre> | |
|--|--|--|



| | | |
|--|--|--|
| <pre> si N(:, : ,j)=N1(:, : ,t) A(2t-1,i)=sen(alfa(t)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,t) A(2t,i)=sen(alfa(t)) fin fin fin fin </pre> | <pre> si N(:, : ,1)=N1(:, : ,3) A(5,2)=sen(alfa(3)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : ,3) A(6,2)=sen(alfa(3)) fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=2 para t=2 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,t) A(2t-1,i)=sen(alfa(t)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,t) A(2t,i)=sen(alfa(t)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para t=4 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,4) A(7,2)=sen(alfa(4)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : ,4) A(8,2)=sen(alfa(4)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|---|--|
| <pre> para i=2 para t=5 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,t) A(2t-1,i)=sen(alfa(t)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,t) A(2t,i)=sen(alfa(t)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para t=5 si V(2)=2 j=1 si N(:, : ,1)=N1(:, : ,5) A(9,2)=sen(alfa(5)) fin si N(:, : ,1)=N2(:, : ,5) A(10,2)=sen(alfa(5)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|---|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=3 para t=1 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,t) A(2t-1,i)=cos(alfa(t)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,t) A(2t,i)=cos(alfa(t)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para t=1 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,1) A(1,3)=cos(alfa(1)) fin si N(:, : ,2)=N2(:, : ,1) A(2,3)=cos(alfa(1)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|



| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=3 para ttt=2 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para ttt=2 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,2) A(3,3)=cos(alfa(2)) fin si N(:, : ,2)=N2(:, : ,2) A(4,3)=cos(alfa(2)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para ttt=2 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,2)=N2(:, : ,2) A(4,3)=cos(alfa(2)) fin fin fin Entonces: A(4,3)=cos(0) </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=3 para ttt=3 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para ttt=3 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,3) A(5,3)=cos(alfa(3)) fin si N(:, : ,2)=N2(:, : ,3) A(6,3)=cos(alfa(3)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para ttt=3 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,2)=N2(:, : ,3) A(6,3)=cos(alfa(3)) fin fin fin Entonces: A(6,3)=cos(59.24) </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=3 para ttt=4 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para ttt=4 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,4) A(7,3)=cos(alfa(4)) fin si N(:, : ,2)=N2(:, : ,4) A(8,3)=cos(alfa(4)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para ttt=4 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,4) A(7,3)=cos(alfa(4)) fin fin fin Entonces: A(7,3)=cos(-90) </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|---|--|
| <pre> para i=3 para ttt=5 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para ttt=5 si H(3)=3 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,5) A(9,3)=cos(alfa(5)) fin si N(:, : ,2)=N2(:, : ,5) A(10,3)=cos(alfa(5)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|---|--|



| | | |
|------------------------------------|------------------------------------|--|
| <pre> fin fin fin </pre> | <pre> fin fin fin </pre> | |
|------------------------------------|------------------------------------|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=4 para ttt=1 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para ttt=1 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,1) A(1,4)=sen(alfa(1)) fin si N(:, : ,2)=N2(:, : ,1) A(2,4)=sen(alfa(1)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=4 para ttt=2 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para ttt=2 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,2) A(3,4)=sen(alfa(2)) fin si N(:, : ,2)=N2(:, : ,2) A(4,4)=sen(alfa(2)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para ttt=2 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,2)=N2(:, : ,2) A(4,4)=sen(alfa(2)) fin fin fin Entonces: A(4,4)=sen(0) </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=4 para ttt=3 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para ttt=3 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,3) A(5,4)=sen(alfa(3)) fin si N(:, : ,2)=N2(:, : ,3) A(6,4)=sen(alfa(3)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para ttt=3 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,2)=N2(:, : ,3) A(6,4)=sen(alfa(3)) fin fin fin Entonces: A(6,4)=sen(59.24) </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|---|--|--|
| <pre> para i=4 para ttt=4 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para ttt=4 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,4) A(7,4)=sen(alfa(4)) fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para ttt=4 si V(4)=4 j=2 si N(:, : ,2)=N1(:, : ,4) A(7,4)=sen(alfa(4)) fin fin fin </pre> |
|---|--|--|



| | | |
|---|--|--|
| <pre> si N(:, : , j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin fin </pre> | <pre> si N(:, : , 2)=N2(:, : , 4) A(8,4)=sen(alfa(4)) fin fin fin fin fin </pre> | <pre> fin fin fin Entonces: A(7,4)=sen(-90) </pre> |
|---|--|--|

| | | |
|--|---|--|
| <pre> para i=4 para ttt=5 si V(4)=4 j=2 si N(:, : , j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : , j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para ttt=5 si V(4)=4 j=2 si N(:, : , 2)=N1(:, : , 5) A(9,4)=sen(alfa(5)) fin si N(:, : , 2)=N2(:, : , 5) A(10,4)=sen(alfa(5)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|---|--|

| | | |
|--|--|---|
| <pre> para i=5 para ttt=1 si H(5)=5 j=3 si N(:, : , j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : , j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para ttt=1 si H(5)=5 j=3 si N(:, : , 3)=N1(:, : , 1) A(1,5)=cos(alfa(1)) fin si N(:, : , 3)=N2(:, : , 1) A(2,5)=cos(alfa(1)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para ttt=1 si H(5)=5 j=3 si N(:, : , 3)=N2(:, : , 1) A(2,5)=cos(alfa(1)) fin fin fin Entonces: A(2,5)=cos(-67.96) </pre> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=5 para ttt=2 si H(5)=5 j=3 si N(:, : , j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : , j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para ttt=2 si H(5)=5 j=3 si N(:, : , 3)=N1(:, : , 2) A(3,5)=cos(alfa(2)) fin si N(:, : , 3)=N2(:, : , 2) A(4,5)=cos(alfa(2)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=5 para ttt=3 si H(5)=5 j=3 </pre> | <pre> para i=5 para ttt=3 si H(5)=5 j=3 </pre> | <pre> para i=5 para ttt=3 si H(5)=5 j=3 </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|--|--|--|
| <pre> si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> si N(:, : ,3)=N1(:, : ,3) A(5,5)=cos(alfa(3)) fin si N(:, : ,3)=N2(:, : ,3) A(6,5)=cos(alfa(3)) fin fin fin fin </pre> | <pre> si N(:, : ,3)=N1(:, : ,3) A(5,5)=cos(alfa(3)) fin fin fin Entonces: A(5,5)=cos(59.24) </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=5 para ttt=4 si H(5)=5 j=3 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para ttt=4 si H(5)=5 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : ,4) A(7,5)=cos(alfa(4)) fin si N(:, : ,3)=N2(:, : ,4) A(8,5)=cos(alfa(4)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|---|--|
| <pre> para i=5 para ttt=5 si H(5)=5 j=3 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para ttt=5 si H(5)=5 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : ,5) A(9,5)=cos(alfa(5)) fin si N(:, : ,3)=N2(:, : ,5) A(10,5)=cos(alfa(5)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para ttt=5 si H(5)=5 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : ,5) A(9,5)=cos(alfa(5)) fin fin fin fin Entonces: A(9,5)=cos(0) </pre> |
|--|---|--|

| | | |
|--|--|---|
| <pre> para i=6 para ttt=1 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=6 para ttt=1 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : ,1) A(1,6)=sen(alfa(1)) fin si N(:, : ,3)=N2(:, : ,1) A(2,6)=sen(alfa(1)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=6 para ttt=1 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,3)=N2(:, : ,1) A(2,6)=sen(alfa(1)) fin fin fin Entonces: A(2,6)=sen(-67.96) </pre> |
|--|--|---|



| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=6 para ttt=2 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=6 para ttt=2 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : , 2) A(3,6)=sen(alfa(2)) fin si N(:, : ,3)=N2(:, : , 2) A(4,6)=sen(alfa(2)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|---|
| <pre> para i=6 para ttt=3 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=6 para ttt=3 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : , 3) A(5,6)=sen(alfa(3)) fin si N(:, : ,3)=N2(:, : , 3) A(6,6)=sen(alfa(3)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=6 para ttt=3 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : , 3) A(5,6)=sen(alfa(3)) fin fin fin Entonces: A(5,6)=sen(59.24) </pre> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=6 para ttt=4 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=6 para ttt=4 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : , 4) A(7,6)=sen(alfa(4)) fin si N(:, : ,3)=N2(:, : , 4) A(8,6)=sen(alfa(4)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|---|---|
| <pre> para i=6 para ttt=5 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=6 para ttt=5 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : , 5) A(9,6)=sen(alfa(5)) fin si N(:, : ,3)=N2(:, : , 5) A(10,6)=sen(alfa(5)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=6 para ttt=5 si V(6)=6 j=3 si N(:, : ,3)=N1(:, : , 5) A(9,6)=sen(alfa(5)) fin fin fin Entonces: A(9,6)=sen(0) </pre> |
|--|---|---|



| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=7 para ttt=1 si H(7)=7 j=4 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=7 para ttt=1 si H(5)=5 j=4 si N(:, : ,4)=N1(:, : , 1) A(1,7)=cos(alfa(1)) fin si N(:, : ,4)=N2(:, : , 1) A(2,7)=cos(alfa(1)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=7 para ttt=2 si H(7)=7 j=4 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=7 para ttt=2 si H(7)=7 j=4 si N(:, : ,4)=N1(:, : , 2) A(3,7)=cos(alfa(2)) fin si N(:, : ,4)=N2(:, : , 2) A(4,7)=cos(alfa(2)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=7 para ttt=3 si H(7)=7 j=4 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=7 para ttt=3 si H(7)=7 j=4 si N(:, : ,4)=N1(:, : , 3) A(5,7)=cos(alfa(3)) fin si N(:, : ,4)=N2(:, : , 3) A(6,7)=cos(alfa(3)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|---|
| <pre> para i=7 para ttt=4 si H(7)=7 j=4 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=7 para ttt=4 si H(7)=7 j=4 si N(:, : ,4)=N1(:, : , 4) A(7,7)=cos(alfa(4)) fin si N(:, : ,4)=N2(:, : , 4) A(8,7)=cos(alfa(4)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=7 para ttt=4 si H(7)=7 j=4 si N(:, : ,4)=N2(:, : , 4) A(8,7)=cos(alfa(4)) fin fin fin fin Entonces: A(8,7)=cos(-90) </pre> |
|--|--|---|



| | | |
|-----|-----|--|
| fin | fin | |
| fin | fin | |

| | | |
|--|---|---|
| <pre> para i=7 para ttt=5 si H(7)=7 j=4 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=cos(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=cos(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=7 para ttt=5 si H(7)=7 j=4 si N(:, : ,4)=N1(:, : , 5) A(9,7)=cos(alfa(5)) fin si N(:, : ,4)=N2(:, : , 5) A(10,7)=cos(alfa(5)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=7 para ttt=5 si H(7)=7 j=4 si N(:, : ,4)=N2(:, : , 5) A(10,7)=cos(alfa(5)) fin fin fin fin Entonces: A(10,7)=cos(0) </pre> |
|--|---|---|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=8 para ttt=1 si V(8)=8 j=4 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=8 para ttt=1 si V(8)=8 j=4 si N(:, : ,4)=N1(:, : , 1) A(1,8)=sen(alfa(1)) fin si N(:, : ,4)=N2(:, : , 1) A(2,8)=sen(alfa(1)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=8 para ttt=2 si V(8)=8 j=4 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=8 para ttt=2 si V(8)=8 j=4 si N(:, : ,4)=N1(:, : , 2) A(3,8)=sen(alfa(2)) fin si N(:, : ,4)=N2(:, : , 2) A(4,8)=sen(alfa(2)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=8 para ttt=3 si V(8)=8 j=4 si N(:, : ,j)=N1(:, : , ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : , ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=8 para ttt=3 si V(8)=8 j=4 si N(:, : ,4)=N1(:, : , 3) A(5,8)=sen(alfa(3)) fin si N(:, : ,4)=N2(:, : , 3) A(6,8)=sen(alfa(3)) fin fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|



| | | |
|---|--|--|
| <pre> A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin fin </pre> | <pre> A(6,8)=sen(alfa(3)) fin fin fin fin </pre> | |
|---|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=8 para ttt=4 si V(8)=8 j=4 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin </pre> | <pre> para i=8 para ttt=4 si V(8)=8 j=4 si N(:, : ,4)=N1(:, : ,4) A(7,8)=sen(alfa(4)) fin si N(:, : ,4)=N2(:, : ,4) A(8,8)=sen(alfa(4)) fin fin fin </pre> | <pre> para i=8 para ttt=4 si V(8)=8 j=4 si N(:, : ,4)=N2(:, : ,4) A(8,8)=sen(alfa(4)) fin fin fin Entonces: A(8,8)=sen(-90) </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|---|--|
| <pre> para i=8 para ttt=5 si V(8)=8 j=4 si N(:, : ,j)=N1(:, : ,ttt) A(2ttt-1,i)=sen(alfa(ttt)) fin si N(:, : ,j)=N2(:, : ,ttt) A(2ttt,i)=sen(alfa(ttt)) fin fin fin </pre> | <pre> para i=8 para ttt=5 si V(8)=8 j=4 si N(:, : ,4)=N1(:, : ,5) A(9,8)=sen(alfa(5)) fin si N(:, : ,4)=N2(:, : ,5) A(10,8)=sen(alfa(5)) fin fin fin </pre> | <pre> para i=8 para ttt=5 si V(8)=8 j=4 si N(:, : ,4)=N2(:, : ,5) A(10,8)=sen(alfa(5)) fin fin fin Entonces: A(10,8)=sen(0) </pre> |
|--|---|--|

Finalmente, la matriz A sin considerar las restricciones será:

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | A(1,1) | A(1,2) | A(1,3) | A(1,4) | A(1,5) | A(1,6) | A(1,7) | A(1,8) |
| 2 | A(2,1) | A(2,2) | A(2,3) | A(2,4) | A(2,5) | A(2,6) | A(2,7) | A(2,8) |
| 3 | A(3,1) | A(3,2) | A(3,3) | A(3,4) | A(3,5) | A(3,6) | A(3,7) | A(3,8) |
| 4 | A(4,1) | A(4,2) | A(4,3) | A(4,4) | A(4,5) | A(4,6) | A(4,7) | A(4,8) |
| 5 | A(5,1) | A(5,2) | A(5,3) | A(5,4) | A(5,5) | A(5,6) | A(5,7) | A(5,8) |
| 6 | A(6,1) | A(6,2) | A(6,3) | A(6,4) | A(6,5) | A(6,6) | A(6,7) | A(6,8) |
| 7 | A(7,1) | A(7,2) | A(7,3) | A(7,4) | A(7,5) | A(7,6) | A(7,7) | A(7,8) |
| 8 | A(8,1) | A(8,2) | A(8,3) | A(8,4) | A(8,5) | A(8,6) | A(8,7) | A(8,8) |
| 9 | A(9,1) | A(9,2) | A(9,3) | A(9,4) | A(9,5) | A(9,6) | A(9,7) | A(9,8) |
| 10 | A(10,1) | A(10,2) | A(10,3) | A(10,4) | A(10,5) | A(10,6) | A(10,7) | A(10,8) |

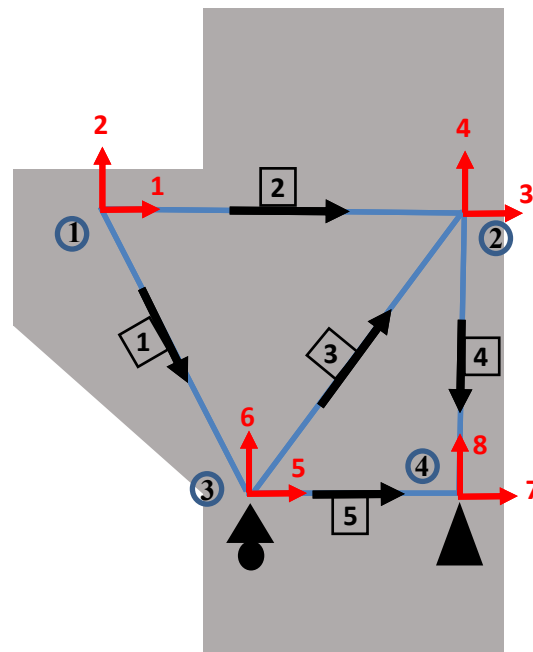


Sabemos que disponemos de una matriz base para la matriz "A" (conformada de ceros)

| | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Reemplazamos los valores obtenidos anteriormente:

| | | Nudo 1 | | Nudo 2 | | Nudo 3 | | Nudo 4 | |
|---------|----|----------------|----------------------|---------------|---------------------|----------------|----------------------|-------------|-------------------|
| | | H | V | H | V | H | V | H | V |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Barra 1 | 1 | $\cos(-67.96)$ | $\text{sen}(-67.96)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\cos(-67.96)$ | $\text{sen}(-67.96)$ | 0 | 0 |
| Barra 2 | 3 | $\cos(0)$ | $\text{sen}(0)$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 4 | 0 | 0 | $\cos(0)$ | $\text{sen}(0)$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Barra 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\cos(59.24)$ | $\text{sen}(59.24)$ | 0 | 0 |
| | 6 | 0 | 0 | $\cos(59.24)$ | $\text{sen}(59.24)$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Barra 4 | 7 | 0 | 0 | $\cos(-90)$ | $\text{sen}(-90)$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\cos(-90)$ | $\text{sen}(-90)$ |
| Barra 5 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\cos(0)$ | $\text{sen}(0)$ | 0 | 0 |
| | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | $\cos(0)$ | $\text{sen}(0)$ |



- Determinamos la matriz “A” teniendo presente las restricciones de GDL

Sabemos que:

| | GDL(1) | GDL(2) | GDL(3) | GDL(4) | GDL(5) | GDL(6) | GDL(7) | GDL(8) |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| GDL | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 0 | 0 | 0 |

| | |
|--|--|
| Si: c=número de columnas de la matriz GDL ii=1 para j=1:c si GDL(j)≠0 NGDL(ii)=GDL(j) ii=ii+1 fin fin | Si: c=8 ii=1 para j=1:8 si GDL(j)≠0 NGDL(ii)=GDL(j) ii=ii+1 fin fin |
|--|--|

Luego:

| | | |
|---|---|---|
| ii=1 para j=1 si GDL(j)≠0 NGDL(ii)=GDL(j) ii=ii+1 fin fin | ii=1 para j=1 si GDL(1)≠0 NGDL(1)=GDL(1) ii=1+1 fin fin | Entonces: NGDL(1)=GDL(1)=1 ii=1+1=2 |
|---|---|---|



| | | |
|--|--|---|
| <p>ii=2 para j=2 si GDL(j)≠0 NGDL(ii)=GDL(j) ii=ii+1 fin fin</p> | <p>ii=2 para j=2 si GDL(2)≠0 NGDL(2)=GDL(2) ii=2+1 fin fin</p> | <p>Entonces: NGDL(2)=GDL(2)=2 ii=2+1=3</p> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|---|
| <p>ii=3 para j=3 si GDL(j)≠0 NGDL(ii)=GDL(j) ii=ii+1 fin fin</p> | <p>ii=3 para j=3 si GDL(3)≠0 NGDL(3)=GDL(3) ii=3+1 fin fin</p> | <p>Entonces: NGDL(3)=GDL(3)=3 ii=3+1=4</p> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|---|
| <p>ii=4 para j=4 si GDL(j)≠0 NGDL(ii)=GDL(j) ii=ii+1 fin fin</p> | <p>ii=4 para j=4 si GDL(4)≠0 NGDL(4)=GDL(4) ii=4+1 fin fin</p> | <p>Entonces: NGDL(4)=GDL(4)=4 ii=4+1=5</p> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|---|
| <p>ii=5 para j=5 si GDL(j)≠0 NGDL(ii)=GDL(j) ii=ii+1 fin fin</p> | <p>ii=5 para j=5 si GDL(5)≠0 NGDL(5)=GDL(5) ii=5+1 fin fin</p> | <p>Entonces: NGDL(5)=GDL(5)=5 ii=5+1=6</p> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| <p>ii=6 para j=6 si GDL(j)≠0 NGDL(ii)=GDL(j) ii=ii+1 fin fin</p> | <p>ii=6 para j=6 si GDL(6)≠0 NGDL(6)=GDL(6) ii=6+1 fin fin</p> | |
|--|--|--|

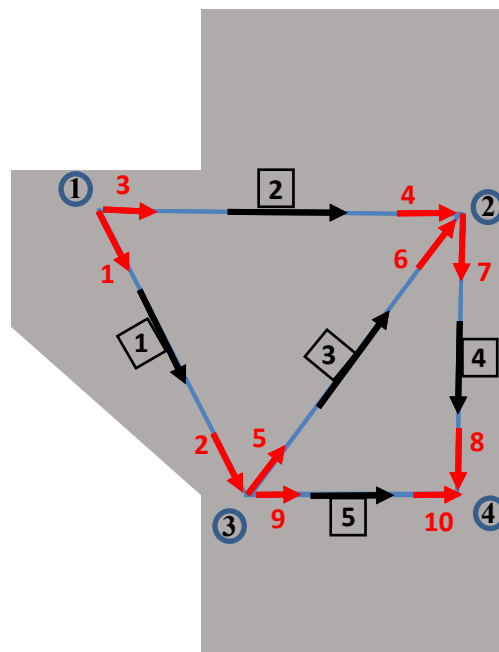
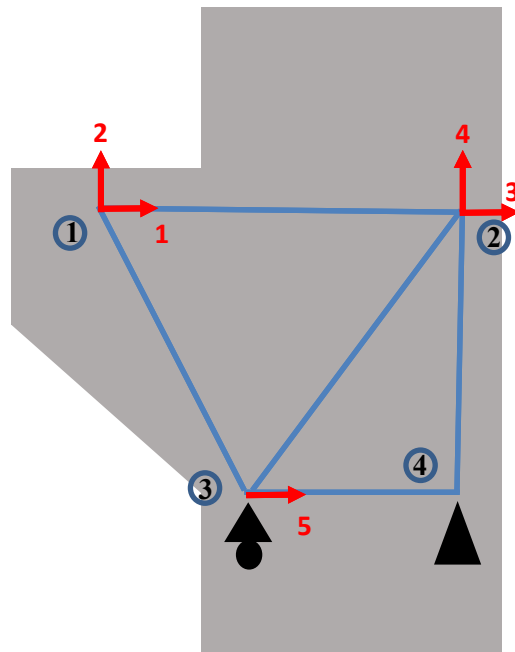
| | | |
|--|--|--|
| <p>ii=6 para j=7 si GDL(j)≠0 NGDL(ii)=GDL(j) ii=ii+1 fin fin</p> | <p>ii=6 para j=7 si GDL(7)≠0 NGDL(6)=GDL(7) ii=6+1 fin fin</p> | |
|--|--|--|



$$AA(:, 4)=A(:, 4)= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \text{sen}(0) \\ 0 \\ \text{sen}(59.24) \\ \text{sen}(-90) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad AA(:, 5)=A(:, 5)= \begin{bmatrix} 0 \\ \text{cos}(-67.96) \\ 0 \\ 0 \\ \text{cos}(59.24) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \text{cos}(0) \\ 0 \end{bmatrix}$$

Finalmente, la matriz "A" considerando las restricciones sera:

| | | Nudo 1 | | Nudo 2 | | Nudo 3 | |
|-----|---------|--------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|
| | | H | V | H | V | H | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| AA= | Barra 1 | 1 | cos(-67.96) | sen(-67.96) | 0 | 0 | 0 |
| | | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | cos(-67.96) |
| | Barra 2 | 3 | cos(0) | sen(0) | 0 | 0 | 0 |
| | | 4 | 0 | 0 | cos(0) | sen(0) | 0 |
| | Barra 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | cos(59.24) |
| | | 6 | 0 | 0 | cos(59.24) | sen(59.24) | 0 |
| | Barra 4 | 7 | 0 | 0 | cos(-90) | sen(-90) | 0 |
| | | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Barra 5 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | cos(0) |
| | | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



- Determinamos la matriz diagonal de rigideces de las barras.

b=5

| | |
|---|---|
| para i=1:b $kd(2i-1,2i-1)=EA(i)/L(i)$ $kd(2i,2i-1)=-EA(i)/L(i)$ $kd(2i-1,2i)=-EA(i)/L(i)$ $kd(2i,2i)=EA(i)/L(i)$ fin | para i=1:5 $kd(2i-1,2i-1)=EA(i)/L(i)$ $kd(2i,2i-1)=-EA(i)/L(i)$ $kd(2i-1,2i)=-EA(i)/L(i)$ $kd(2i,2i)=EA(i)/L(i)$ fin |
|---|---|



| | | |
|---|---|---|
| para i=1 $kd(1,1)=EA(1)/L(1)$ $kd(2,1)=-EA(1)/L(1)$ $kd(1,2)=-EA(1)/L(1)$ $kd(2,2)=EA(1)/L(1)$ fin | para i=2 $kd(3,3)=EA(2)/L(2)$ $kd(4,3)=-EA(2)/L(2)$ $kd(3,4)=-EA(2)/L(2)$ $kd(4,4)=EA(2)/L(2)$ fin | para i=3 $kd(5,5)=EA(3)/L(3)$ $kd(6,5)=-EA(3)/L(3)$ $kd(5,6)=-EA(3)/L(3)$ $kd(6,6)=EA(3)/L(3)$ fin |
| para i=4 $kd(7,7)=EA(4)/L(4)$ $kd(8,7)=-EA(4)/L(4)$ $kd(7,8)=-EA(4)/L(4)$ $kd(8,8)=EA(4)/L(4)$ fin | para i=5 $kd(9,9)=EA(5)/L(5)$ $kd(10,9)=-EA(5)/L(5)$ $kd(9,10)=-EA(5)/L(5)$ $kd(10,10)=EA(5)/L(5)$ fin | |

Finalmente:

| | | | | | | | | | |
|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| Kd= | $\frac{EA(1)}{L(1)}$ | $-\frac{EA(1)}{L(1)}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 0 |
| | $-\frac{EA(1)}{L(1)}$ | $\frac{EA(1)}{L(1)}$ | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | $\frac{EA(2)}{L(2)}$ | $-\frac{EA(2)}{L(2)}$ | 0 | 0 | ... | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | $-\frac{EA(2)}{L(2)}$ | $\frac{EA(2)}{L(2)}$ | 0 | 0 | ... | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | $\frac{EA(3)}{L(3)}$ | $-\frac{EA(3)}{L(3)}$ | ... | 0 | 0 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | $-\frac{EA(3)}{L(3)}$ | $\frac{EA(3)}{L(3)}$ | ... | 0 | 0 |
| | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | $\frac{EA(5)}{L(3)}$ | $-\frac{EA(5)}{L(3)}$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ... | $-\frac{EA(5)}{L(5)}$ | $\frac{EA(5)}{L(5)}$ | |

Sabemos que:

| | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| L(1) | L(2) | L(3) | L(4) | L(5) |
| 45.21 | 42.00 | 48.88 | 42.00 | 25.00 |

Como no nos interesa las deformaciones que sufre la cercha, pero si las fuerzas que soporta, entonces para agilizar los cálculos se considerara un EA=1.

| | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| EA(1) | EA(2) | EA(3) | EA(4) | EA(5) |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |



$$\begin{bmatrix} \frac{1}{45.21} & -\frac{1}{45.21} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{45.21} & \frac{1}{45.21} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{42.00} & -\frac{1}{42.00} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{42.00} & \frac{1}{42.00} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{48.88} & -\frac{1}{48.88} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{48.88} & \frac{1}{48.88} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{42.00} & -\frac{1}{42.00} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{42.00} & \frac{1}{42.00} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{25.00} & -\frac{1}{25.00} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{25.00} & \frac{1}{25.00} \end{bmatrix}$$

- Calculo de la matriz de rigidez de la cercha.

$$K=AA'.kd. AA$$

Reemplazando:

$$K = \begin{bmatrix} 2.69E-2 & -7.69E-3 & -2.38E-2 & 0 & -3.11E-3 \\ -7.69E-3 & 1.90E-2 & 0 & 0 & 7.69E-3 \\ -2.38E-2 & 0 & 2.92E-2 & 9.01E-3 & -5.36E-3 \\ 0 & 0 & 9.01E-3 & 3.89E-2 & -9.01E-3 \\ -3.11E-3 & 7.69E-3 & -5.36E-3 & -9.01E-3 & 4.85E-2 \end{bmatrix}$$

- Calculo del desplazamiento en coordenadas globales (Por la asignación EA=1 los valores son irreales, igual no nos interesa estos valores)

$$q=K^{-1}Q'$$

$$K^{-1} = \begin{bmatrix} 372.13 & 140.53 & 330.13 & -70.57 & 25.00 \\ 140.53 & 109.51 & 123.53 & -28.57 & 0 \\ 330.13 & 123.53 & 330.13 & -70.57 & 25 \\ -70.57 & -28.57 & -70.57 & 42 & 0 \\ 25.00 & 0 & 25 & 0 & 25 \end{bmatrix}, \quad Q' = \begin{bmatrix} -5,000 \\ -2,5000 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$q = \begin{bmatrix} 372.13 & 140.53 & 330.13 & -70.57 & 25.00 \\ 140.53 & 109.51 & 123.53 & -28.57 & 0 \\ 330.13 & 123.53 & 330.13 & -70.57 & 25 \\ -70.57 & -28.57 & -70.57 & 42 & 0 \\ 25.00 & 0 & 25 & 0 & 25 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -5,000 \\ -2,5000 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5,373,929.23 \\ -3,440,460.36 \\ -4,738,848.76 \\ 1,067,050.43 \\ -125,000.00 \end{bmatrix}$$

- Calculo del desplazamiento en cada elemento (Por la asignación EA=1 los valores son irreales, igual no nos interesa estos valores)

$$p=AA.q$$



$$p = \begin{bmatrix} 0.3753 & -0.9269 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3753 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5114 \\ 0 & 0 & 0.5114 & 0.8593 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -5,373,929.23 \\ -3,440,460.36 \\ -4,738,848.76 \\ 1,067,050.43 \\ -125,000.00 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,172,451.40 \\ -46,906.72 \\ -5,373,929.23 \\ -4,738,848.76 \\ -63,930.38 \\ -1,506,716.62 \\ -1,067,050.43 \\ 0 \\ -125,000.00 \\ 0 \end{bmatrix}$$

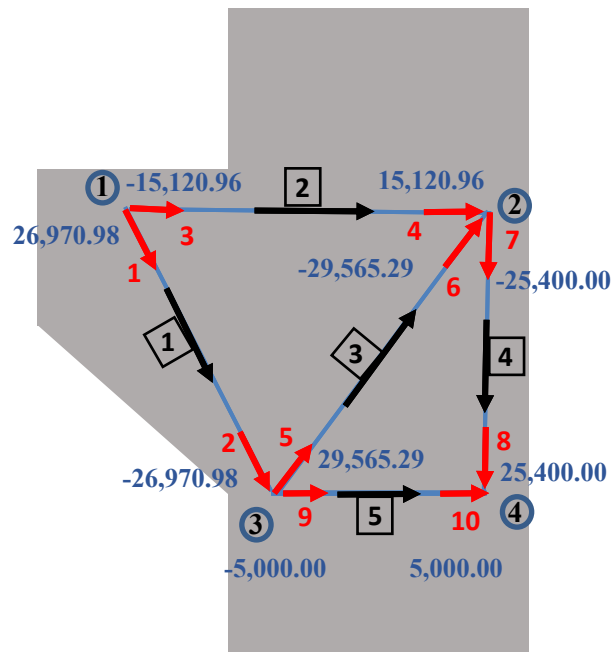
- Calculo de cargas internas en los elementos

$$P = kd.p$$

$$P = \begin{bmatrix} 26,970.98 \\ -26,970.98 \\ -15,120.96 \\ 15,120.96 \\ 29,565.29 \\ -29,565.29 \\ -25,405.96 \\ 25,405.96 \\ -5,000.00 \\ 5,000.00 \end{bmatrix}$$

Finalmente, las cargas internas que soporta cada barra son:

| | | | |
|----|---------|----|---------------|
| P= | Barra 1 | 1 | 26,970.98 kg |
| | | 2 | -26,970.98 kg |
| | Barra 2 | 3 | -15,120.96 kg |
| | | 4 | 15,120.96 kg |
| | Barra 3 | 5 | 29,565.29 kg |
| | | 6 | -29,565.29 kg |
| | Barra 4 | 7 | -25,400.00 kg |
| | | 8 | 25,400.00 kg |
| | Barra 5 | 9 | -5,000.00 kg |
| | | 10 | 5,000.00 kg |



B. CONTROL DE NUDOS

Sabemos del análisis de la cercha ideal:

| | | |
|------|--------|-----|
| [P]= | P(1,1) | P1 |
| | P(2,1) | -P1 |
| | P(3,1) | P2 |
| | P(4,1) | -P2 |
| | P(5,1) | P3 |
| | : | : |
| : | : | |

| | | | |
|----|---------|---------|---------------|
| P= | Barra 1 | P(1,1) | 26,970.98 kg |
| | | P(2,1) | -26,970.98 kg |
| | Barra 2 | P(3,1) | -15,120.96 kg |
| | | P(4,1) | 15,120.96 kg |
| | Barra 3 | P(5,1) | 29,565.29 kg |
| | | P(6,1) | -29,565.29 kg |
| | Barra 4 | P(7,1) | -25,400.00 kg |
| | | P(8,1) | 25,400.00 kg |
| | Barra 5 | P(9,1) | -5,000.00 kg |
| | | P(10,1) | 5,000.00 kg |

- Creamos un vector Nodos:

| | |
|-------------------|--------------|
| Para i=1 : #Nodos | Para i=1 : 4 |
| Nodo1(i)=i; | Nodo1(i)=i; |
| fin | fin |



| | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Para i=1 Nodo1(1)=1 fin | Para i=2 Nodo1(2)=2 fin | Para i=3 Nodo1(3)=3 fin | Para i=4 Nodo1(4)=4 fin |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|

| | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| Nodo1(1) | Nodo1(2) | Nodo1(3) | Nodo1(4) |
| 1 | 2 | 3 | 4 |

- Creamos una matriz de fuerzas que llegan a un nodo en específico:

| | |
|---|--|
| <pre> para i=1:#Nodos para j=1:#barras si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1:4 para j=1:5 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> |
|---|--|

Sabemos que:

$$T = \begin{bmatrix} T(1,1) & T(1,2) \\ T(2,1) & T(2,2) \\ T(3,1) & T(3,2) \\ T(4,1) & T(4,2) \\ T(5,1) & T(5,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1 & 2 \\ 3 & 2 \\ 2 & 4 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$$

| | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| Nodo1(1) | Nodo1(2) | Nodo1(3) | Nodo1(4) |
| 1 | 2 | 3 | 4 |

| | |
|--|---|
| <pre> para i=1 para j=1 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para j=1 si T(1,1)==Nodo1(1) F(1,1)=P(1,1) sino T(1,2)==Nodo1(1) F(1,1)=P(1,1) fin fin Entonces: F(1,1)=26,970.98kg </pre> |
|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 para j=2 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin </pre> | <pre> para i=1 para j=2 si T(2,1)==Nodo1(1) F(2,1)=P(3,1) sino T(2,2)==Nodo1(1) F(2,1)=P(3,1) fin fin Entonces: </pre> | <pre> para i=1 para j=2 si T(2,1)==Nodo1(1) F(2,1)=P(3,1) fin fin Entonces: </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|------------|------------|----------------------|
| fin fin | fin fin | F(2,1)=-15,120.96 kg |
|------------|------------|----------------------|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 para j=3 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para j=3 si T(3,1)==Nodo1(1) F(3,1)=P(5,1) sino T(3,2)==Nodo1(1) F(3,1)=P(5,1) fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 para j=4 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para j=4 si T(4,1)==Nodo1(1) F(4,1)=P(7,1) sino T(4,2)==Nodo1(1) F(4,1)=P(7,1) fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 para j=5 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para j=5 si T(5,1)==Nodo1(1) F(5,1)=P(9,1) sino T(5,2)==Nodo1(1) F(5,1)=P(9,1) fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=2 para j=1 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=1 si T(1,1)==Nodo1(2) F(1,2)=P(1,1) sino T(1,2)==Nodo1(2) F(1,2)=P(1,1) fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=2 para j=2 si T(j,1)==Nodo1(i) </pre> | <pre> para i=2 para j=2 si T(2,1)==Nodo1(2) </pre> | <pre> para i=2 para j=2 sino T(2,2)==Nodo1(2) </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|--|--|---|
| <pre> F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> F(2,2)=P(3,1) sino T(2,2)==Nodo1(2) F(2,2)=P(3,1) fin fin fin </pre> | <pre> F(2,2)=P(3,1) fin fin Entonces: F(2,2)=-15,120.96 kg </pre> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=2 para j=3 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=3 si T(3,1)==Nodo1(2) F(3,2)=P(5,1) sino T(3,2)==Nodo1(2) F(3,2)=P(5,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=3 sino T(3,2)==Nodo1(2) F(3,2)=P(5,1) fin fin Entonces: F(3,2)=29,565.29 kg </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|---|
| <pre> para i=2 para j=4 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=4 si T(4,1)==Nodo1(2) F(4,2)=P(7,1) sino T(4,2)==Nodo1(2) F(4,2)=P(7,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=4 si T(4,1)==Nodo1(2) F(4,2)=P(7,1) fin fin Entonces: F(4,2)=-25,400.00 kg </pre> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=2 para j=5 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=5 si T(5,1)==Nodo1(2) F(5,2)=P(9,1) sino T(5,2)==Nodo1(2) F(5,2)=P(9,1) fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=3 para j=1 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=1 si T(1,1)==Nodo1(3) F(1,3)=P(1,1) sino T(1,2)==Nodo1(3) F(1,3)=P(1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=1 sino T(1,2)==Nodo1(3) F(1,3)=P(1,1) fin fin Entonces: F(1,3)=26,970.98 kg </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=3 para j=2 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=2 si T(2,1)==Nodo1(3) F(2,3)=P(3,1) sino T(2,2)==Nodo1(3) F(2,3)=P(3,1) fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=3 para j=3 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=3 si T(3,1)==Nodo1(3) F(3,3)=P(5,1) sino T(3,2)==Nodo1(3) F(3,3)=P(5,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=3 si T(3,1)==Nodo1(3) F(3,3)=P(5,1) fin fin Entonces: F(3,3)=29,565.29 kg </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=3 para j=4 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=4 si T(4,1)==Nodo1(3) F(4,3)=P(7,1) sino T(4,2)==Nodo1(3) F(4,3)=P(7,1) fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=3 para j=5 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=5 si T(5,1)==Nodo1(3) F(5,3)=P(9,1) sino T(5,2)==Nodo1(3) F(5,3)=P(9,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=5 si T(5,1)==Nodo1(3) F(5,3)=P(9,1) fin fin Entonces: F(5,3)=-5,000.00 kg </pre> |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=4 para j=1 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin </pre> | <pre> para i=4 para j=1 si T(1,1)==Nodo1(4) F(1,4)=P(1,1) sino T(1,2)==Nodo1(4) F(1,4)=P(1,1) fin fin </pre> | |
|--|--|--|



| | | |
|-----|-----|--|
| fin | fin | |
| fin | fin | |

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=4 para j=2 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para j=2 si T(2,1)==Nodo1(4) F(2,4)=P(3,1) sino T(2,2)==Nodo1(4) F(2,4)=P(3,1) fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=4 para j=3 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para j=3 si T(3,1)==Nodo1(4) F(3,4)=P(5,1) sino T(3,2)==Nodo1(4) F(3,4)=P(5,1) fin fin fin </pre> | |
|--|--|--|

| | | |
|--|--|---|
| <pre> para i=4 para j=4 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para j=4 si T(4,1)==Nodo1(4) F(4,4)=P(7,1) sino T(4,2)==Nodo1(4) F(4,4)=P(7,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para j=4 sino T(4,2)==Nodo1(4) F(4,4)=P(7,1) fin fin Entonces: F(4,4)=-25,400.00 kg </pre> |
|--|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=4 para j=5 si T(j,1)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) sino T(j,2)==Nodo1(i) F(j,i)=P(2j-1,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para j=5 si T(5,1)==Nodo1(4) F(5,4)=P(9,1) sino T(5,2)==Nodo1(4) F(5,4)=P(9,1) fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para j=5 sino T(5,2)==Nodo1(4) F(5,4)=P(9,1) fin fin Entonces: F(5,4)=-5,000.00 kg </pre> |
|--|--|--|



Finalmente, se tendrá:

| | | | | | |
|-----|---|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| [F] | 1 | F(1,1) | F(1,2) | F(1,3) | F(1,4) |
| | 2 | F(2,1) | F(2,2) | F(2,3) | F(2,4) |
| | 3 | F(3,1) | F(3,2) | F(3,3) | F(3,4) |
| | 4 | F(4,1) | F(4,2) | F(4,3) | F(4,4) |
| | 5 | F(5,1) | F(5,2) | F(5,3) | F(5,4) |

| | | | | | |
|-----|---|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| [F] | 1 | F(1,1) | 0 | F(1,3) | 0 |
| | 2 | F(2,1) | F(2,2) | 0 | 0 |
| | 3 | 0 | F(3,2) | F(3,3) | 0 |
| | 4 | 0 | F(4,2) | 0 | F(4,4) |
| | 5 | 0 | 0 | F(5,3) | F(5,4) |

| | | | | | |
|-----|---------|------------|------------|-----------|------------|
| | | Nodo 1 | Nodo 2 | Nodo 3 | Nodo 4 |
| [F] | Barra 1 | 26,970.98 | 0 | 26,970.98 | 0 |
| | Barra 2 | -15,120.96 | -15,120.96 | 0 | 0 |
| | Barra 3 | 0 | 29,565.29 | 29,565.29 | 0 |
| | Barra 4 | 0 | -25,400.00 | 0 | -25,400.00 |
| | Barra 5 | 0 | 0 | -5,000.00 | -5,000.00 |

- Creamos una matriz auxiliar [FN] de reordenamiento de la matriz [F].

| | |
|---|--|
| <pre> para i=1:#Nodos k1=0; para j=1:#barras if F(j,i)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,i)=F(j,i) end end end end </pre> | <pre> para i=1:4 k1=0; para j=1:5 if F(j,i)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,i)=F(j,i) end end end end </pre> |
|---|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 k1=0; para j=1 if F(1,1)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,1)=F(1,1) end end end Entonces: </pre> | <pre> para i=1 k1=0; para j=2 if F(2,1)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,1)=F(2,1) end end end Entonces: </pre> | <pre> para i=1 k1=0; para j=3 if F(3,1)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,1)=F(3,1) end end end Entonces: </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|--|--|--|
| $k2=0+1=1$ $k1=k2=1$ $FN(1,1)=F(1,1)=26,970.98 \text{ kg}$ | $k2=1+1=2$ $k1=k2=2$ $FN(2,1)=F(2,1)=-15,120.96 \text{ kg}$ | |
| <pre> para i=1 k1=0; para j=4 if F(4,1)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,1)=F(4,1) end end end </pre> | <pre> para i=1 k1=0; para j=5 if F(5,1)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,1)=F(5,1) end end end </pre> | |

| | | |
|---|--|---|
| <pre> para i=2 k1=0; para j=1 if F(1,2)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,2)=F(1,2) end end end </pre> | <pre> para i=2 k1=0; para j=2 if F(2,2)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,2)=F(2,2) end end Entonces: k2=0+1=1 k1=k2=1 FN(1,2)=F(2,2)=-15,120.96 kg </pre> | <pre> para i=2 k1=0; para j=3 if F(3,2)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,2)=F(3,2) end end Entonces: k2=1+1=2 k1=k2=2 FN(2,2)=F(3,2)=29,565.29 kg </pre> |
| <pre> para i=2 k1=0; para j=4 if F(4,2)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,2)=F(4,2) end end Entonces: k2=2+1=3 k1=k2=3 FN(3,2)=F(4,2)=-25,400.00 </pre> | <pre> para i=2 k1=0; para j=5 if F(5,2)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,2)=F(5,2) end end end </pre> | |

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=3 k1=0; para j=1 if F(1,3)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,3)=F(1,3) end end </pre> | <pre> para i=3 k1=0; para j=2 if F(2,3)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,3)=F(2,3) end end </pre> | <pre> para i=3 k1=0; para j=3 if F(3,3)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,3)=F(3,3) end end </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|--|--|--|
| <pre> end end Entonces: k2=0+1=1 k1=k2=1 FN(1,3)=F(1,3)=26,970.98 kg </pre> | <pre> end end Entonces: k2=1+1=2 k1=k2=2 FN(2,3)=F(3,3)=29,565.29 kg </pre> | |
| <pre> para i=3 k1=0; para j=4 if F(4,3)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,3)=F(4,3) end end end end </pre> | <pre> para i=3 k1=0; para j=5 if F(5,3)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,3)=F(5,3) end end end Entonces: k2=2+1=3 k1=k2=3 FN(3,3)=F(5,3)=-5,000.00 </pre> | |

| | | |
|---|---|--|
| <pre> para i=4 k1=0; para j=1 if F(1,4)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,4)=F(1,4) end end end end </pre> | <pre> para i=4 k1=0; para j=2 if F(2,4)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,4)=F(2,4) end end end end </pre> | <pre> para i=4 k1=0; para j=3 if F(3,4)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,4)=F(3,4) end end end end </pre> |
| <pre> para i=4 k1=0; para j=4 if F(4,4)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,4)=F(4,4) end end end Entonces: k2=0+1=1 k1=k2=1 FN(1,4)=F(4,4)=-25,400.00 </pre> | <pre> para i=4 k1=0; para j=5 if F(5,4)≠0 k2=k1+1; k1=k2; FN(k1,4)=F(5,4) end end end Entonces: k2=1+1=2 k1=k2=2 FN(2,4)=F(5,4)=-5,000.00 kg </pre> | |



Finalmente se tendrá:

| | | | | | |
|-------|---|---------|---------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| [FN]= | 1 | FN(1,1) | FN(1,2) | FN(1,3) | FN(1,4) |
| | 2 | FN(2,1) | FN(2,2) | FN(2,3) | FN(2,4) |
| | 3 | 0 | FN(3,2) | FN(3,3) | 0 |

| | | | | | |
|-------|---|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| [FN]= | 1 | F(1,1) | F(2,2) | F(1,3) | F(4,4) |
| | 2 | F(2,1) | F(3,2) | F(3,3) | F(5,4) |
| | 3 | 0 | F(4,2) | F(5,3) | 0 |

| | | | | | |
|-------|---|------------|------------|-----------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| [FN]= | 1 | 26,970.98 | -15,120.96 | 26,970.98 | -25,400.00 |
| | 2 | -15,120.96 | 29,565.29 | 29,565.29 | -5,000.00 |
| | 3 | 0 | -25,400.00 | -5,000.00 | 0 |

- Creamos el vector que almacena el número de fuerzas que llegan a un nodo y también el vector que almacena el acumulado del número de fuerzas que llegan a un nodo:

Si "nNodo(i)" es el número de elementos diferentes de cero en la columna "i" de la matriz "FN"

| | | | | | |
|--------|------|------|------|------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | ... | #Nodos |
| nNodo= | #FN1 | #FN2 | #FN3 | .... |  |

| | | | | |
|--------|----------|----------|----------|----------|
| | nNodo(1) | nNodo(2) | nNodo(3) | nNodo(4) |
| nNodo= | 2 | 3 | 3 | 2 |

| | | | | | |
|---------|------|-----------|----------------|------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | ... | #Nodos |
| nNodoA= | #FN1 | #FN1+#FN2 | #FN1+#FN2+#FN3 | .... |  |

| | | | | |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | nNodoA(1) | nNodoA(2) | nNodoA(3) | nNodoA(4) |
| nNodoA= | 2 | 5 | 8 | 10 |

Luego:

| | |
|--|--|
| nnNodoA(1)=0; para i=1: #Nodo-1 nnNodoA(i+1)=nNodoA(i); fin | nnNodoA(1)=0; para i=1: 3 nnNodoA(i+1)=nNodoA(i); fin |
|--|--|



| | | |
|---|---|---|
| <pre>nnNodoA(1)=0; para i=1 nnNodoA(i+1)=nnNodoA(i); fin Entonces: nnNodoA(1+1)=nnNodoA(1) nnNodoA(2)=2</pre> | <pre>nnNodoA(1)=0; para i=2 nnNodoA(i+1)=nnNodoA(i); fin Entonces: nnNodoA(2+1)=nnNodoA(2) nnNodoA(3)=5</pre> | <pre>nnNodoA(1)=0; para i=3 nnNodoA(i+1)=nnNodoA(i); fin Entonces: nnNodoA(3+1)=nnNodoA(3) nnNodoA(4)=8</pre> |
|---|---|---|

Finalmente:

| | | | |
|------------|------------|------------|------------|
| nnNodoA(1) | nnNodoA(2) | nnNodoA(3) | nnNodoA(4) |
| 0 | 2 | 5 | 8 |

- Creamos la matriz columna que almacena las fuerzas según el nodo al que llega.

| | |
|--|--|
| <pre>para i=1:#Nodo para j=1:nNodo(i) CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i) NN(nnNodoA(i)+j,1)=i; fin fin</pre> | <pre>para i=1:4 para j=1:nNodo(i) CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i) NN(nnNodoA(i)+j,1)=i; fin fin</pre> |
|--|--|

| | |
|---|--|
| <pre>para i=1 para j=1:nNodo(1) CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i) NN(nnNodoA(i)+j,1)=i; fin fin</pre> | <pre>para i=1 para j=1:2 CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i) NN(nnNodoA(i)+j,1)=i; fin fin</pre> |
| <pre>para i=1 para j=1 CN(nnNodoA(1)+1,1)=FN(1,1) NN(nnNodoA(1)+1,1)=1 fin Entonces: CN(0+1,1)=FN(1,1) → CN(1,1)= 26,970.98 NN(0+1,1)=1 → NN(1,1)=1</pre> | <pre>para i=1 para j=2 CN(nnNodoA(1)+2,1)=FN(2,1) NN(nnNodoA(1)+2,1)=1 fin Entonces: CN(0+2,1)=FN(2,1) → CN(2,1)= -15,120.96 NN(0+2,1)=1 → NN(2,1)=1</pre> |

| | |
|--|---|
| <pre>para i=2 para j=1:nNodo(2) CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i) NN(nnNodoA(i)+j,1)=i; fin fin</pre> | <pre>para i=2 para j=1:3 CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i) NN(nnNodoA(i)+j,1)=i; fin fin</pre> |
| <pre>para i=2 para j=1 CN(nnNodoA(2)+1,1)=FN(1,2) NN(nnNodoA(2)+1,1)=2</pre> | <pre>para i=2 para j=2 CN(nnNodoA(2)+2,1)=FN(2,2) NN(nnNodoA(2)+2,1)=2</pre> |



| | |
|---|---|
| <p>fin</p> <p>fin</p> <p>Entonces:</p> <p>$CN(2+1,1)=FN(1,2) \rightarrow CN(3,1)=-15,120.96$</p> <p>$NN(2+1,1)=2 \rightarrow NN(3,1)=2$</p> <p>para i=2</p> <p> para j=3</p> <p> $CN(nnNodoA(2)+3,1)=FN(3,2)$</p> <p> $NN(nnNodoA(2)+3,1)=2$</p> <p> fin</p> <p>fin</p> <p>Entonces:</p> <p>$CN(2+3,1)=FN(3,2) \rightarrow CN(5,1)=-25,400.00$</p> <p>$NN(2+3,1)=2 \rightarrow NN(5,1)=2$</p> | <p>fin</p> <p>fin</p> <p>Entonces:</p> <p>$CN(2+2,1)=FN(2,2) \rightarrow CN(4,1)=29,565.29$</p> <p>$NN(2+2,1)=2 \rightarrow NN(4,1)=2$</p> |
| <p>para i=3</p> <p> para j=1:nNodo(3)</p> <p> $CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i)$</p> <p> $NN(nnNodoA(i)+j,1)=i;$</p> <p> fin</p> <p>fin</p> | <p>para i=3</p> <p> para j=1:3</p> <p> $CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i)$</p> <p> $NN(nnNodoA(i)+j,1)=i;$</p> <p> fin</p> <p>fin</p> |
| <p>para i=3</p> <p> para j=1</p> <p> $CN(nnNodoA(3)+1,1)=FN(1,3)$</p> <p> $NN(nnNodoA(3)+1,1)=3;$</p> <p> fin</p> <p>fin</p> <p>Entonces:</p> <p>$CN(5+1,1)=FN(1,3) \rightarrow CN(6,1)=26,970.98$</p> <p>$NN(5+1,1)=3 \rightarrow NN(6,1)=3$</p> | <p>para i=3</p> <p> para j=2</p> <p> $CN(nnNodoA(3)+2,1)=FN(2,3)$</p> <p> $NN(nnNodoA(3)+2,1)=3;$</p> <p> fin</p> <p>fin</p> <p>Entonces:</p> <p>$CN(5+2,1)=FN(2,3) \rightarrow CN(7,1)=29,565.29$</p> <p>$NN(5+2,1)=3 \rightarrow NN(7,1)=3$</p> |
| <p>para i=3</p> <p> para j=3</p> <p> $CN(nnNodoA(3)+3,1)=FN(3,3)$</p> <p> $NN(nnNodoA(3)+3,1)=3$</p> <p> fin</p> <p>fin</p> <p>Entonces:</p> <p>$CN(5+3,1)=FN(3,3) \rightarrow CN(8,1)=-5,000.00$</p> <p>$NN(5+3,1)=3 \rightarrow NN(8,1)=3$</p> | |
| <p>para i=4</p> <p> para j=1:nNodo(4)</p> <p> $CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i)$</p> <p> $NN(nnNodoA(i)+j,1)=i;$</p> <p> fin</p> <p>fin</p> | <p>para i=4</p> <p> para j=1:2</p> <p> $CN(nnNodoA(i)+j,1)=FN(j,i)$</p> <p> $NN(nnNodoA(i)+j,1)=i;$</p> <p> fin</p> <p>fin</p> |
| <p>para i=4</p> <p> para j=1</p> <p> $CN(nnNodoA(4)+1,1)=FN(1,4)$</p> <p> $NN(nnNodoA(4)+1,1)=4$</p> | <p>para i=4</p> <p> para j=2</p> <p> $CN(nnNodoA(4)+2,1)=FN(2,4)$</p> <p> $NN(nnNodoA(4)+2,1)=4$</p> |



| | |
|--|--|
| fin | fin |
| fin | fin |
| Entonces: | Entonces: |
| $CN(8+1,1)=FN(1,4) \rightarrow CN(9,1)=-25,400.00$ | $CN(8+2,1)=FN(2,4) \rightarrow CN(10,1)=-5,000.00$ |
| $NN(8+1,1)=4 \rightarrow NN(9,1)=4$ | $NN(8+2,1)=4 \rightarrow NN(10,1)=4$ |

Finalmente:

| | |
|----------|------------|
| CN(1,1) | 26,970.98 |
| CN(2,1) | -15,120.96 |
| CN(3,1) | -15,120.96 |
| CN(4,1) | 29,565.29 |
| CN(5,1) | -25,400.00 |
| CN(6,1) | 26,970.98 |
| CN(7,1) | 29,565.29 |
| CN(8,1) | -5000.00 |
| CN(9,1) | -25,400.00 |
| CN(10,1) | -5,000.00 |

| | |
|----------|---|
| NN(1,1) | 1 |
| NN(2,1) | 1 |
| NN(3,1) | 2 |
| NN(4,1) | 2 |
| NN(5,1) | 2 |
| NN(6,1) | 3 |
| NN(7,1) | 3 |
| NN(8,1) | 3 |
| NN(9,1) | 4 |
| NN(10,1) | 4 |

- Creamos la matriz donde se almacenará el tipo de nodo

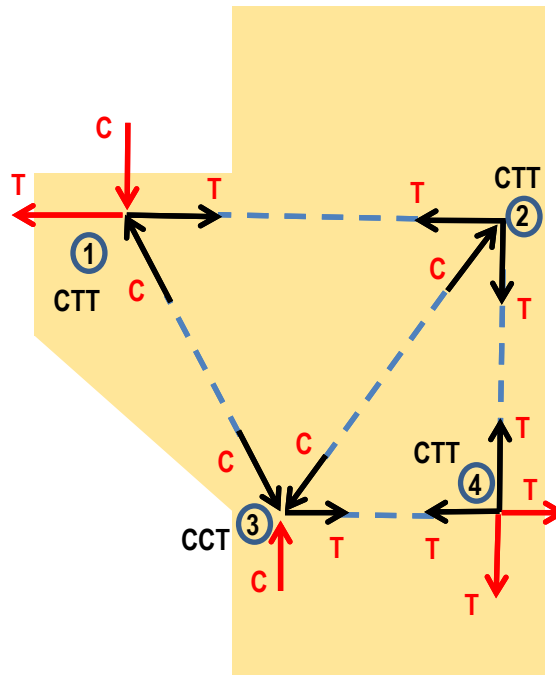
Iniciamos definiendo el tipo de nodo seleccionando por medio de una matriz editable:

| | | |
|--------|--------------|-------|
| Tipo1= | Tipo de Nodo | |
| | Nodo | Tipo |
| | 1 | CCC ▾ |
| | 2 | CCT ▾ |
| | 3 | CTT ▾ |
| | : | : |
| : | : | |

Cada opción editable desplegara 03 opciones CCC, CCT, CTT



Luego:



| | Nodo | Tipo |
|-------|------------|------------|
| Tipo1 | Tipo1(1,1) | Tipo1(1,2) |
| | Tipo1(2,1) | Tipo1(2,2) |
| | Tipo1(3,1) | Tipo1(3,2) |
| | Tipo1(4,1) | Tipo1(4,2) |

| | Nodo | Tipo |
|-------|------|------|
| Tipo1 | 1 | CTT |
| | 2 | CTT |
| | 3 | CCT |
| | 4 | CTT |

También:

| | |
|---|--|
| <pre> para i=1:max(nNodoA) para j=1:#filas(Tipo1) si NN(i)=Tipo1(j,1) Tipo(i,1)=Tipo1(j,2) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1:10 para j=1:4 si NN(i)=Tipo1(j,1) Tipo(i,1)=Tipo1(j,2) fin fin fin </pre> |
|---|--|



| | | | |
|--|--|--|--|
| para i=1 para j=1 si NN(1)=Tipo1(1,1) Tipo(1,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin Entonces: Tipo(1,1)=CTT | para i=1 para j=2 si NN(1)=Tipo1(2,1) Tipo(1,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin | para i=1 para j=3 si NN(1)=Tipo1(3,1) Tipo(1,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin | para i=1 para j=4 si NN(1)=Tipo1(4,1) Tipo(1,1)=Tipo1(4,2) fin fin fin |
|--|--|--|--|

| | | | |
|--|--|--|--|
| para i=2 para j=1 si NN(2)=Tipo1(1,1) Tipo(2,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin Entonces: Tipo(2,1)=CTT | para i=2 para j=2 si NN(2)=Tipo1(2,1) Tipo(2,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin | para i=2 para j=3 si NN(2)=Tipo1(3,1) Tipo(2,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin | para i=2 para j=4 si NN(2)=Tipo1(4,1) Tipo(2,1)=Tipo1(4,2) fin fin fin |
|--|--|--|--|

| | | | |
|--|--|--|--|
| para i=3 para j=1 si NN(3)=Tipo1(1,1) Tipo(3,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin | para i=3 para j=2 si NN(3)=Tipo1(2,1) Tipo(3,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin Entonces: Tipo(3,1)=CTT | para i=3 para j=3 si NN(3)=Tipo1(3,1) Tipo(3,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin | para i=3 para j=4 si NN(3)=Tipo1(4,1) Tipo(3,1)=Tipo1(4,2) fin fin fin |
|--|--|--|--|

| | | | |
|--|--|--|--|
| para i=4 para j=1 si NN(4)=Tipo1(1,1) Tipo(4,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin | para i=4 para j=2 si NN(4)=Tipo1(2,1) Tipo(4,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin Entonces: Tipo(4,1)=CTT | para i=4 para j=3 si NN(4)=Tipo1(3,1) Tipo(4,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin | para i=4 para j=4 si NN(4)=Tipo1(4,1) Tipo(4,1)=Tipo1(4,2) fin fin fin |
|--|--|--|--|

| | | | |
|--|--|--|--|
| para i=5 para j=1 si NN(5)=Tipo1(1,1) Tipo(5,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin | para i=5 para j=2 si NN(5)=Tipo1(2,1) Tipo(5,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin Entonces: Tipo(5,1)=CTT | para i=5 para j=3 si NN(5)=Tipo1(3,1) Tipo(5,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin | para i=5 para j=4 si NN(5)=Tipo1(4,1) Tipo(5,1)=Tipo1(4,2) fin fin fin |
|--|--|--|--|



| | | | |
|--|--|--|--|
| para i=6 para j=1 si NN(6)=Tipo1(1,1) Tipo(6,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin | para i=6 para j=2 si NN(6)=Tipo1(2,1) Tipo(6,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin | para i=6 para j=3 si NN(6)=Tipo1(3,1) Tipo(6,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin Entonces: Tipo(6,1)=CCT | para i=6 para j=4 si NN(6)=Tipo1(4,1) Tipo(6,1)=Tipo1(4,2) fin fin fin |
|--|--|--|--|

| | | | |
|--|--|--|--|
| para i=7 para j=1 si NN(7)=Tipo1(1,1) Tipo(7,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin | para i=7 para j=2 si NN(7)=Tipo1(2,1) Tipo(7,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin | para i=7 para j=3 si NN(7)=Tipo1(3,1) Tipo(7,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin Entonces: Tipo(7,1)=CCT | para i=7 para j=4 si NN(7)=Tipo1(4,1) Tipo(7,1)=Tipo1(4,2) fin fin fin |
|--|--|--|--|

| | | | |
|--|--|--|--|
| para i=8 para j=1 si NN(8)=Tipo1(1,1) Tipo(8,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin | para i=8 para j=2 si NN(8)=Tipo1(2,1) Tipo(8,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin | para i=8 para j=3 si NN(8)=Tipo1(3,1) Tipo(8,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin Entonces: Tipo(8,1)=CCT | para i=8 para j=4 si NN(8)=Tipo1(4,1) Tipo(8,1)=Tipo1(4,2) fin fin fin |
|--|--|--|--|

| | | | |
|--|--|--|--|
| para i=9 para j=1 si NN(9)=Tipo1(1,1) Tipo(9,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin | para i=9 para j=2 si NN(9)=Tipo1(2,1) Tipo(9,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin | para i=9 para j=3 si NN(9)=Tipo1(3,1) Tipo(9,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin | para i=9 para j=4 si NN(9)=Tipo1(4,1) Tipo(9,1)=Tipo1(4,2) fin fin fin Entonces: Tipo(9,1)=CTT |
|--|--|--|--|

| | | | |
|---|---|---|--|
| para i=10 para j=1 si NN(10)=Tipo1(1,1) Tipo(10,1)=Tipo1(1,2) fin fin fin | para i=10 para j=2 si NN(10)=Tipo1(2,1) Tipo(10,1)=Tipo1(2,2) fin fin fin | para i=10 para j=3 si NN(10)=Tipo1(3,1) Tipo(10,1)=Tipo1(3,2) fin fin fin | para i=10 para j=4 si NN(10)=Tipo1(4,1) Tipo(10,1)=Tipo1(4,2) fin fin fin Entonces: Tipo(10,1)=CTT |
|---|---|---|--|



Finalmente:

| | |
|------------|-----|
| Tipo(1,1) | CTT |
| Tipo(2,1) | CTT |
| Tipo(3,1) | CTT |
| Tipo(4,1) | CTT |
| Tipo(5,1) | CTT |
| Tipo(6,1) | CCT |
| Tipo(7,1) | CCT |
| Tipo(8,1) | CCT |
| Tipo(9,1) | CTT |
| Tipo(10,1) | CTT |

- Creamos los vectores que almacenamos los anchos para las zonas nodales.

| | |
|---|--|
| <pre> para i=1:max(nNodoA) si Tipo(i)=CCC Bn(i)=1.00 Ø=0.75 fce(i)=0.85Bn(i)f c w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b sino si Tipo(i)=CCT Bn(i)=0.80 Ø=0.75 fce(i)=0.85Bn(i)f c w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b sino si Tipo(i)=CTT Bn(i)=0.60 Ø=0.75 fce(i)=0.85Bn(i)f c w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b fin fin </pre> | <pre> para i=1:10 si Tipo(i)=CCC Bn(i)=1.00 Ø=0.75 fce(i)=0.85Bn(i)f c w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b sino si Tipo(i)=CCT Bn(i)=0.80 Ø=0.75 fce(i)=0.85Bn(i)f c w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b sino si Tipo(i)=CTT Bn(i)=0.60 Ø=0.75 fce(i)=0.85Bn(i)f c w(i)=abs(CN(i,1))/Øfce(i)b fin fin </pre> |
|---|--|

| | | |
|---|---|---|
| <pre> para i=1 si Tipo(1)=CCC Bn(1)=1.00 Ø=0.75 fce(1)=0.85Bn(1)f c w(1)=abs(CN(1,1))/Øfce(1)b sino si Tipo(1)=CCT Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85Bn(1)f c w(1)=abs(CN(1,1))/Øfce(1)b sino si Tipo(1)=CTT Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85Bn(1)f c w(1)=abs(CN(1,1))/Øfce(1)b fin fin Entonces: </pre> | <pre> para i=2 si Tipo(2)=CCC Bn(2)=1.00 Ø=0.75 fce(2)=0.85Bn(2)f c w(2)=abs(CN(2,1))/Øfce(2)b sino si Tipo(2)=CCT Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85Bn(2)f c w(2)=abs(CN(2,1))/Øfce(2)b sino si Tipo(2)=CTT Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85Bn(2)f c w(2)=abs(CN(2,1))/Øfce(2)b fin fin Entonces: </pre> | <pre> para i=3 si Tipo(3)=CCC Bn(3)=1.00 Ø=0.75 fce(3)=0.85Bn(3)f c w(3)=abs(CN(3,1))/Øfce(3)b sino si Tipo(3)=CCT Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85Bn(3)f c w(3)=abs(CN(3,1))/Øfce(3)b sino si Tipo(3)=CTT Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85Bn(3)f c w(3)=abs(CN(3,1))/Øfce(3)b fin fin Entonces: </pre> |
|---|---|---|



| | | |
|---|---|--|
| <p>Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85Bn(1)f'c=0.85(0.60)(350) fce(1)=178.5 w(1)=abs(CN(1,1))/Øfce(1)b w(1)=26,970.98/(0.75*178.5*30) w(1)=6.72</p> | <p>Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85Bn(2)f'c=0.85(0.60)(350) fce(2)=178.5 w(2)=abs(CN(2,1))/Øfce(2)b w(2)=15,120.96/(0.75*178.5*30) w(2)=3.77</p> | <p>Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85Bn(3)f'c=0.85(0.6)(350) fce(3)=178.5 w(3)=abs(CN(3,1))/Øfce(3)b w(3)=15,120.96/(0.75*178.5*30) w(3)=3.77</p> |
|---|---|--|

| | | |
|---|--|--|
| <p>para i=4 si Tipo(4)=CCC Bn(4)=1.00 Ø=0.75 fce(4)=0.85Bn(4)f'c w(4)=abs(CN(4,1))/Øfce(4)b sino si Tipo(4)=CCT Bn(4)=0.80 Ø=0.75 fce(4)=0.85Bn(4)f'c w(4)=abs(CN(4,1))/Øfce(4)b sino si Tipo(4)=CTT Bn(4)=0.60 Ø=0.75 fce(4)=0.85Bn(4)f'c w(4)=abs(CN(4,1))/Øfce(4)b fin fin Entonces: Bn(4)=0.60 Ø=0.75 fce(4)=0.85Bn(4)f'c=0.85*0.6*350 fce(4)=178.5 w(4)=abs(CN(4,1))/Øfce(4)b w(4)=29,565.29/(0.75*178.5*30) w(4)=7.36</p> | <p>para i=5 si Tipo(5)=CCC Bn(5)=1.00 Ø=0.75 fce(5)=0.85Bn(5)f'c w(5)=abs(CN(5,1))/Øfce(5)b sino si Tipo(5)=CCT Bn(5)=0.80 Ø=0.75 fce(5)=0.85Bn(5)f'c w(5)=abs(CN(5,1))/Øfce(5)b sino si Tipo(5)=CTT Bn(5)=0.60 Ø=0.75 fce(5)=0.85Bn(5)f'c w(5)=abs(CN(5,1))/Øfce(5)b fin fin Entonces: Bn(5)=0.60 Ø=0.75 fce(5)=0.85Bn(5)f'c=0.85(0.60)350 fce(5)=178.5 w(5)=abs(CN(5,1))/Øfce(5)b w(5)=25,400.00/(0.75*178.5*30) w(5)=6.32</p> | <p>para i=6 si Tipo(6)=CCC Bn(6)=1.00 Ø=0.75 fce(6)=0.85Bn(6)f'c w(6)=abs(CN(6,1))/Øfce(6)b sino si Tipo(6)=CCT Bn(6)=0.80 Ø=0.75 fce(6)=0.85Bn(6)f'c w(6)=abs(CN(6,1))/Øfce(6)b sino si Tipo(6)=CTT Bn(6)=0.60 Ø=0.75 fce(6)=0.85Bn(6)f'c w(6)=abs(CN(6,1))/Øfce(6)b fin fin Entonces: Bn(6)=0.80 Ø=0.75 fce(6)=0.85Bn(6)f'c=0.85(0.80)(350) fce(6)=238 w(6)=abs(CN(6,1))/Øfce(6)b w(6)=26,970.98/(0.75*238*30) w(6)=5.04</p> |
|---|--|--|

| | | |
|--|---|---|
| <p>para i=7 si Tipo(7)=CCC Bn(7)=1.00 Ø=0.75 fce(7)=0.85Bn(7)f'c w(7)=abs(CN(7,1))/Øfce(7)b sino si Tipo(7)=CCT Bn(7)=0.80 Ø=0.75 fce(7)=0.85Bn(7)f'c w(7)=abs(CN(7,1))/Øfce(7)b sino si Tipo(7)=CTT Bn(7)=0.60 Ø=0.75 fce(7)=0.85Bn(7)f'c w(7)=abs(CN(7,1))/Øfce(7)b fin fin Entonces: Bn(7)=0.80 Ø=0.75 fce(7)=0.85Bn(7)f'c=0.85(0.8)(350)</p> | <p>para i=8 si Tipo(8)=CCC Bn(8)=1.00 Ø=0.75 fce(8)=0.85Bn(8)f'c w(8)=abs(CN(8,1))/Øfce(8)b sino si Tipo(8)=CCT Bn(8)=0.80 Ø=0.75 fce(8)=0.85Bn(8)f'c w(8)=abs(CN(8,1))/Øfce(8)b sino si Tipo(8)=CTT Bn(8)=0.60 Ø=0.75 fce(8)=0.85Bn(8)f'c w(8)=abs(CN(8,1))/Øfce(8)b fin fin Entonces: Bn(8)=0.80 Ø=0.75 fce(8)=0.85Bn(8)f'c=0.85(0.8)*350</p> | <p>para i=9 si Tipo(9)=CCC Bn(9)=1.00 Ø=0.75 fce(9)=0.85Bn(9)f'c w(9)=abs(CN(9,1))/Øfce(9)b sino si Tipo(9)=CCT Bn(9)=0.80 Ø=0.75 fce(9)=0.85Bn(9)f'c w(9)=abs(CN(9,1))/Øfce(9)b sino si Tipo(9)=CTT Bn(9)=0.60 Ø=0.75 fce(9)=0.85Bn(9)f'c w(9)=abs(CN(9,1))/Øfce(9)b fin fin Entonces: Bn(9)=0.60 Ø=0.75 fce(9)=0.85Bn(9)f'c=0.85(0.60)(350)</p> |
|--|---|---|



| | | |
|--|--|---|
| $fce(7)=238$ $w(7)=abs(CN(7,1))/\emptyset fce(7)b$ $w(7)=29,565.29/(0.75*238*30)$ $w(7)=5.52$ | $fce(8)=238$ $w(8)=abs(CN(8,1))/\emptyset fce(8)b$ $w(8)=5,000/(0.75*238*30)$ $w(8)=0.93$ | $fce(9)=178.5$ $w(9)=abs(CN(9,1))/\emptyset fce(9)b$ $w(9)=25,400/(0.75*178.5*30)$ $w(9)=6.32$ |
|--|--|---|

```

para i=10
  si Tipo(10)=CCC
    Bn(10)=1.00
    Ø=0.75
    fce(10)=0.85Bn(10)f c
    w(10)=abs(CN(10,1))/Øfce(10)b
  sino si Tipo(10)=CCT
    Bn(10)=0.80
    Ø=0.75
    fce(10)=0.85Bn(10)f c
    w(10)=abs(CN(10,1))/Øfce(10)b
  sino si Tipo(10)=CTT
    Bn(10)=0.60
    Ø=0.75
    fce(10)=0.85Bn(10)f c
    w(10)=abs(CN(10,1))/Øfce(10)b
fin
fin
Entonces:
Bn(10)=0.60
Ø=0.75
fce(10)=0.85Bn(10)f c=0.85(0.6)(350)
fce(10)=178.5
w(10)=abs(CN(10,1))/Øfce(10)b
w(10)=5,000/(0.75*178.5*30)
w(10)=1.25
  
```

Finalmente se tendrá definido la siguiente matriz donde se controlará los nodos

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|-------------------|-----------------|---------------------|-----------------|-------------------|----------------|
| $\frac{NODO}{NN}$ | $\frac{Fu}{CN}$ | $\frac{TIPO}{Tipo}$ | $\frac{Bn}{Bn}$ | $\frac{fce}{fce}$ | $\frac{Wn}{w}$ |
| 1 | P1 | CCC | 1.00 | fce1 | W1 |
| 2 | P2 | CCT | 0.80 | fce2 | W2 |
| : | : | : | : | : | : |
| : | : | : | : | : | : |

Reemplazando:

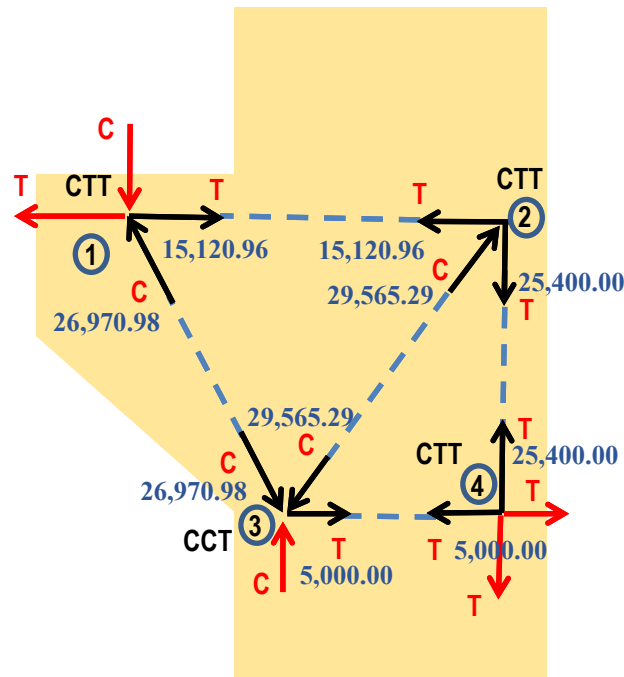
| | NODO | Fu(kg) | TIPO | Bn | Fce(kg/cm2) | Wn(cm) |
|---|---------|---------|-----------|-------|-------------|--------|
| 1 | NN(1,1) | CN(1,1) | Tipo(1,1) | Bn(1) | fce(1) | w(1) |
| 2 | NN(2,1) | CN(2,1) | Tipo(2,1) | Bn(2) | fce(2) | w(2) |
| 3 | NN(3,1) | CN(3,1) | Tipo(3,1) | Bn(3) | fce(3) | w(3) |
| 4 | NN(4,1) | CN(4,1) | Tipo(4,1) | Bn(4) | fce(4) | w(4) |
| 5 | NN(5,1) | CN(5,1) | Tipo(5,1) | Bn(5) | fce(5) | w(5) |
| 6 | NN(6,1) | CN(6,1) | Tipo(6,1) | Bn(6) | fce(6) | w(6) |



| | | | | | | |
|----|----------|----------|------------|--------|---------|-------|
| 7 | NN(7,1) | CN(7,1) | Tipo(7,1) | Bn(7) | fce(7) | w(7) |
| 8 | NN(8,1) | CN(8,1) | Tipo(8,1) | Bn(8) | fce(8) | w(8) |
| 9 | NN(9,1) | CN(9,1) | Tipo(9,1) | Bn(9) | fce(9) | w(9) |
| 10 | NN(10,1) | CN(10,1) | Tipo(10,1) | Bn(10) | fce(10) | w(10) |

| | NODO | Fu(kg) | TIPO | Bn | Fce(kg/cm ²) | Wn(cm) |
|----|------|------------|------|------|--------------------------|--------|
| 1 | 1 | 26,970.98 | CTT | 0.60 | 178.5 | 6.72 |
| 2 | 1 | -15,120.96 | CTT | 0.60 | 178.5 | 3.77 |
| 3 | 2 | -15,120.96 | CTT | 0.60 | 178.5 | 3.77 |
| 4 | 2 | 29,565.29 | CTT | 0.60 | 178.5 | 7.36 |
| 5 | 2 | -25,400.00 | CTT | 0.60 | 178.5 | 6.32 |
| 6 | 3 | 26,970.98 | CCT | 0.80 | 238.0 | 5.04 |
| 7 | 3 | 29,565.29 | CCT | 0.80 | 238.0 | 5.52 |
| 8 | 3 | -5,000.00 | CCT | 0.80 | 238.0 | 0.93 |
| 9 | 4 | -25,400.00 | CTT | 0.60 | 178.5 | 6.32 |
| 10 | 4 | -5,000.00 | CTT | 0.60 | 178.5 | 1.25 |

FUERZA EN LOS NUDOS





C. CONTROL DE BARRAS

Teniendo presente la matriz triangulación “T”, el matriz tipo de nodos “tipo1” y la matriz de cargas “F”.

| | | Inicio | Fin |
|----|---------|-----------|-----------|
| | Barra 1 | Nudo “a1” | Nudo “b1” |
| T= | Barra 2 | Nudo “a2” | Nudo “b2” |
| | Barra 3 | Nudo “a3” | Nudo “b3” |
| | : | : | : |

$$T = \begin{bmatrix} T(1,1) & T(1,2) \\ T(2,1) & T(2,2) \\ T(3,1) & T(3,2) \\ T(4,1) & T(4,2) \\ T(5,1) & T(5,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1 & 2 \\ 3 & 2 \\ 2 & 4 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}$$

| | NODO | TIPO |
|--------|------|-----------------|
| | 1 | CCC ó CCT ó CTT |
| Tipo1= | 2 | CCC ó CCT ó CTT |
| | 3 | CCC ó CCT ó CTT |
| | : | : |

| | Nodo | Tipo |
|-------|------|------|
| Tipo1 | 1 | CTT |
| | 2 | CTT |
| | 3 | CCT |
| | 4 | CTT |

| | | 1 | 2 | 3 | .... | #Nodos |
|-----|---------|------------|------------|------------|------|------------|
| | 1 | P(1,1) o 0 | P(1,1) o 0 | P(1,1) o 0 | .... | P(1,1) o 0 |
| | 2 | P(3,1) o 0 | P(3,1) o 0 | P(3,1) o 0 | .... | P(3,1) o 0 |
| [F] | 3 | P(5,1) o 0 | P(5,1) o 0 | P(5,1) o 0 | .... | P(5,1) o 0 |
| | : | : | : | : | | : |
| | : | : | : | : | | : |
| | #barras | | | | | |

| | | Nodo 1 | Nodo 2 | Nodo 3 | Nodo 4 |
|-----|---------|------------|------------|-----------|------------|
| [F] | Barra 1 | 26,970.98 | 0 | 26,970.98 | 0 |
| | Barra 2 | -15,120.96 | -15,120.96 | 0 | 0 |
| | Barra 3 | 0 | 29,565.29 | 29,565.29 | 0 |
| | Barra 4 | 0 | -25,400.00 | 0 | -25,400.00 |
| | Barra 5 | 0 | 0 | -5,000.00 | -5,000.00 |



- El objetivo será crear la siguiente tabla para el control de barras.

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------------|------------|------|-----|------|
| Barra | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo de Barra | Bs | fce | Fu | Ws |
| 1 | nodo inicio 01 | wi(1) | nodo final 01 | wf(1) | Botella o Prismática | Editable ∇ | fce1 | Fu1 | Ws1 |
| 2 | nodo inicio 02 | wi(2) | nodo final 02 | wf(2) | Botella o Prismática | Editable ∇ | fce2 | Fu2 | Ws2 |
| 3 | nodo inicio 03 | wi(3) | nodo final 03 | wf(3) | Botella o Prismática | Editable ∇ | fce3 | Fu3 | Ws3 |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : | : |

Columna (1): Creamos el vector número de barra

| | |
|------------------------------------|------------------------------|
| para i=1:#barras PT(i)=i fin | para i=1:5 PT(i)=i fin |
|------------------------------------|------------------------------|

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| para i=1 PT(1)=1 fin Entonces: PT(1)=1 | para i=2 PT(2)=2 fin Entonces: PT(2)=2 | para i=3 PT(3)=3 fin Entonces: PT(3)=3 | para i=4 PT(4)=4 fin Entonces: PT(4)=4 | para i=5 PT(5)=5 fin Entonces: PT(5)=5 |
|--|--|--|--|--|

Columna (2): Vector Inicio de barras

$$T(:,1) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 3 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$$

Columna (4): Vector Fin de barras

$$T(:,2) = \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \\ 2 \\ 4 \\ 4 \end{bmatrix}$$



Columna (3): Ancho de la zona nodal en el extremo inicial de la barra.

| | |
|---|--|
| <pre> para i=1:#barras para j=1:#nodos si T(i,1)=Tipo1(j,1) Tip1(i)=Tipo1(j,2) si Tip1(i)='CCC' Bn(i)=1 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wi(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip1(i)='CCT' Bn(i)=0.80 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wi(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip1(i)='CTT' Bn(i)=0.60 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wi(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1:5 para j=1:4 si T(i,1)=Tipo1(j,1) Tip1(i)=Tipo1(j,2) si Tip1(i)='CCC' Bn(i)=1 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wi(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip1(i)='CCT' Bn(i)=0.80 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wi(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip1(i)='CTT' Bn(i)=0.60 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wi(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) fin fin fin </pre> |
|---|--|

| | | |
|---|--|--|
| <pre> para i=1 para j=1 si T(1,1)=Tipo1(1,1) Tip1(1)=Tipo1(1,2) si Tip1(1)='CCC' Bn(1)=1 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wi(1)=\|F(1,1)\|/( Ø*fce(1)*b) elseif Tip1(1)='CCT' Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wi(1)=\|F(1,1)\|/( Ø*fce(1)*b) elseif Tip1(1)='CTT' Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wi(1)=\|F(1,1)\|/( Ø*fce(1)*b) fin fin fin fin Entonces: Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc fce(1)=0.85*0.60*350=178.5 wi(1)=\|F(1,1)\|/( Ø*fce(1)*b) wi(1)=26,970.98/(0.75*178.5*30) wi(1)=6.72 </pre> | <pre> para i=1 para j=2 si T(1,1)=Tipo1(2,1) Tip1(1)=Tipo1(2,2) si Tip1(1)='CCC' Bn(1)=1 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wi(1)=\|F(1,2)\|/( Ø*fce(1)*b) elseif Tip1(1)='CCT' Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wi(1)=\|F(1,2)\|/( Ø*fce(1)*b) elseif Tip1(1)='CTT' Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wi(1)=\|F(1,2)\|/( Ø*fce(1)*b) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para j=3 si T(1,1)=Tipo1(3,1) Tip1(1)=Tipo1(3,2) si Tip1(1)='CCC' Bn(1)=1 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wi(1)=\|F(1,3)\|/( Ø*fce(1)*b) elseif Tip1(1)='CCT' Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wi(1)=\|F(1,3)\|/( Ø*fce(1)*b) elseif Tip1(1)='CTT' Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wi(1)=\|F(1,3)\|/( Ø*fce(1)*b) fin fin fin fin </pre> |
|---|--|--|



| | | |
|---|--|---|
| <pre> para i=1 para j=4 si T(1,1)=Tipo1(4,1) Tip1(1)=Tipo1(4,2) si Tip1(1)='CCC' Bn(1)=1 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wi(1)=\|F(1,4)\|/(Ø*fce(1)*b) elseif Tip1(1)='CCT' Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wi(1)=\|F(1,4)\|/(Ø*fce(1)*b) elseif Tip1(1)='CTT' Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wi(1)=\|F(1,4)\|/(Ø*fce(1)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=1 si T(2,1)=Tipo1(1,1) Tip1(2)=Tipo1(1,2) si Tip1(2)='CCC' Bn(2)=1 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=\|F(2,1)\|/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip1(2)='CCT' Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=\|F(2,1)\|/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip1(2)='CTT' Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=\|F(2,1)\|/(Ø*fce(2)*b) fin fin fin Entonces: Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc fce(2)=0.85*0.60*350=178.5 wi(2)=\|F(2,1)\|/(Ø*fce(2)*b) wi(2)=15,120.96/(0.75*178.5*30) wi(2)=3.77 </pre> | <pre> para i=2 para j=2 si T(2,1)=Tipo1(2,1) Tip1(2)=Tipo1(2,2) si Tip1(2)='CCC' Bn(2)=1 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=\|F(2,2)\|/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip1(2)='CCT' Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=\|F(2,2)\|/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip1(2)='CTT' Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=\|F(2,2)\|/(Ø*fce(2)*b) fin fin fin </pre> |
|---|--|---|

| | | |
|---|---|---|
| <pre> para i=2 para j=3 si T(2,1)=Tipo1(3,1) Tip1(2)=Tipo1(3,2) si Tip1(2)='CCC' Bn(2)=1 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=\|F(2,3)\|/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip1(2)='CCT' Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=\|F(2,3)\|/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip1(2)='CTT' Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=\|F(2,3)\|/(Ø*fce(2)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=4 si T(2,1)=Tipo1(4,1) Tip1(2)=Tipo1(4,2) si Tip1(2)='CCC' Bn(2)=1 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=\|F(2,4)\|/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip1(2)='CCT' Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=\|F(2,4)\|/(Ø*fce(2)*b) elseif Tip1(2)='CTT' Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wi(2)=\|F(2,4)\|/(Ø*fce(2)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=1 si T(3,1)=Tipo1(1,1) Tip1(3)=Tipo1(1,2) si Tip1(3)='CCC' Bn(3)=1 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=\|F(3,1)\|/(Ø*fce(3)*b) elseif Tip1(3)='CCT' Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=\|F(3,1)\|/(Ø*fce(3)*b) elseif Tip1(3)='CTT' Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=\|F(3,1)\|/(Ø*fce(3)*b) fin fin fin </pre> |
|---|---|---|



| | | |
|--|---|--|
| <pre> para i=3 para j=2 si T(3,1)=Tipo1(2,1) Tip1(3)=Tipo1(2,2) si Tip1(3)='CCC' Bn(3)=1 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=\|F(3,2)\|/( Ø*fce(3)*b) elseif Tip1(3)='CCT' Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=\|F(3,2)\|/( Ø*fce(3)*b) elseif Tip1(3)='CTT' Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=\|F(3,2)\|/( Ø*fce(3)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=3 si T(3,1)=Tipo1(3,1) Tip1(3)=Tipo1(3,2) si Tip1(3)='CCC' Bn(3)=1 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=\|F(3,3)\|/( Ø*fce(3)*b) elseif Tip1(3)='CCT' Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=\|F(3,3)\|/( Ø*fce(3)*b) elseif Tip1(3)='CTT' Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=\|F(3,3)\|/( Ø*fce(3)*b) fin fin Entonces: Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc fce(3)=0.85*0.80*350=238 wi(3)=\|F(3,3)\|/( Ø*fce(3)*b) wi(3)=29,565.29/(0.75*238*30) wi(3)=5.52 </pre> | <pre> para i=3 para j=4 si T(3,1)=Tipo1(4,1) Tip1(3)=Tipo1(4,2) si Tip1(3)='CCC' Bn(3)=1 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=\|F(3,4)\|/( Ø*fce(3)*b) elseif Tip1(3)='CCT' Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=\|F(3,4)\|/( Ø*fce(3)*b) elseif Tip1(3)='CTT' Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wi(3)=\|F(3,4)\|/( Ø*fce(3)*b) fin fin fin </pre> |
|--|---|--|

| | | |
|--|---|--|
| <pre> para i=4 para j=1 si T(4,1)=Tipo1(1,1) Tip1(4)=Tipo1(1,2) si Tip1(4)='CCC' Bn(4)=1 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wi(4)=\|F(4,1)\|/( Ø*fce(4)*b) elseif Tip1(4)='CCT' Bn(4)=0.80 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wi(4)=\|F(4,1)\|/( Ø*fce(4)*b) elseif Tip1(4)='CTT' Bn(4)=0.60 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wi(4)=\|F(4,1)\|/( Ø*fce(4)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para j=2 si T(4,1)=Tipo1(2,1) Tip1(4)=Tipo1(2,2) si Tip1(4)='CCC' Bn(4)=1 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wi(4)=\|F(4,2)\|/( Ø*fce(4)*b) elseif Tip1(4)='CCT' Bn(4)=0.80 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wi(4)=\|F(4,2)\|/( Ø*fce(4)*b) elseif Tip1(4)='CTT' Bn(4)=0.60 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wi(4)=\|F(4,2)\|/( Ø*fce(4)*b) fin fin Entonces: Bn(4)=0.60 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc fce(4)=0.85*0.60*350=178.5 wi(4)=25,400/(0.75*178.5*30) </pre> | <pre> para i=4 para j=3 si T(4,1)=Tipo1(3,1) Tip1(4)=Tipo1(3,2) si Tip1(4)='CCC' Bn(4)=1 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wi(4)=\|F(4,3)\|/( Ø*fce(4)*b) elseif Tip1(4)='CCT' Bn(4)=0.80 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wi(4)=\|F(4,3)\|/( Ø*fce(4)*b) elseif Tip1(4)='CTT' Bn(4)=0.60 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wi(4)=\|F(4,3)\|/( Ø*fce(4)*b) fin fin fin </pre> |
|--|---|--|



| | | |
|--|---------------|--|
| | $w_i(4)=6.32$ | |
|--|---------------|--|

| | | |
|---|---|---|
| <pre> para i=4 para j=4 si T(4,1)=Tipo1(4,1) Tip1(4)=Tipo1(4,2) si Tip1(4)='CCC' Bn(4)=1 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wi(4)=\|F(4,4)\|/(Ø*fce(4)*b) elseif Tip1(4)='CCT' Bn(4)=0.80 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wi(4)=\|F(4,4)\|/(Ø*fce(4)*b) elseif Tip1(4)='CTT' Bn(4)=0.60 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wi(4)=\|F(4,4)\|/(Ø*fce(4)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para j=1 si T(5,1)=Tipo1(1,1) Tip1(5)=Tipo1(1,2) si Tip1(5)='CCC' Bn(5)=1 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wi(5)=\|F(5,1)\|/(Ø*fce(5)*b) elseif Tip1(5)='CCT' Bn(5)=0.80 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wi(5)=\|F(5,1)\|/(Ø*fce(5)*b) elseif Tip1(5)='CTT' Bn(5)=0.60 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wi(5)=\|F(5,1)\|/(Ø*fce(5)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para j=2 si T(5,1)=Tipo1(2,1) Tip1(5)=Tipo1(2,2) si Tip1(5)='CCC' Bn(5)=1 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wi(5)=\|F(5,2)\|/(Ø*fce(5)*b) elseif Tip1(5)='CCT' Bn(5)=0.80 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wi(5)=\|F(5,2)\|/(Ø*fce(5)*b) elseif Tip1(5)='CTT' Bn(5)=0.60 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wi(5)=\|F(5,2)\|/(Ø*fce(5)*b) fin fin fin </pre> |
|---|---|---|

| | |
|---|---|
| <pre> para i=5 para j=3 si T(5,1)=Tipo1(3,1) Tip1(5)=Tipo1(3,2) si Tip1(5)='CCC' Bn(5)=1 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wi(5)=\|F(5,3)\|/(Ø*fce(5)*b) elseif Tip1(5)='CCT' Bn(5)=0.80 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wi(5)=\|F(5,3)\|/(Ø*fce(5)*b) elseif Tip1(5)='CTT' Bn(5)=0.60 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wi(5)=\|F(5,3)\|/(Ø*fce(5)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para j=4 si T(5,1)=Tipo1(4,1) Tip1(5)=Tipo1(4,2) si Tip1(5)='CCC' Bn(5)=1 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wi(5)=\|F(5,4)\|/(Ø*fce(5)*b) elseif Tip1(5)='CCT' Bn(5)=0.80 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wi(5)=\|F(5,4)\|/(Ø*fce(5)*b) elseif Tip1(5)='CTT' Bn(5)=0.60 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wi(5)=\|F(5,4)\|/(Ø*fce(5)*b) fin fin fin </pre> |
|---|---|

Entonces:
 $B_n(5)=0.80$
 $\varnothing=0.75$
 $f_{ce}(5)=0.85*B_n(5)*f_c$
 $f_{ce}(5)=0.85*0.80*350=238$
 $w_i(5)=|F(5,3)|/(Ø*f_{ce}(5)*b)$
 $w_i(5)=5000/(0.75*238*30)$
 $w_i(5)=0.93$



Finalmente se tendrá:

| | |
|-------|------|
| wi(1) | 7.46 |
| wi(2) | 3.77 |
| wi(3) | 5.52 |
| wi(4) | 6.32 |
| wi(5) | 0.93 |

Columna (5): Ancho de la zona nodal en el extremo final de la barra.

| | |
|--|---|
| <pre> para i=1:#barras para j=1:#nodos si T(i,2)=Tipo1(j,1) Tip2(i)=Tipo1(j,2) si Tip2(i)='CCC' Bn(i)=1.00 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wf(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip2(i)='CCT' Bn(i)=0.80 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wf(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip2(i)='CTT' Bn(i)=0.60 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wf(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) fin fin fin </pre> | <pre> para i=1:5 para j=1:4 si T(i,2)=Tipo1(j,1) Tip2(i)=Tipo1(j,2) si Tip2(i)='CCC' Bn(i)=1.00 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wf(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip2(i)='CCT' Bn(i)=0.80 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wf(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) elseif Tip2(i)='CTT' Bn(i)=0.60 Ø=0.75 fce(i)=0.85*Bn(i)*fc wf(i)=\|F(i,j)\|/( Ø*fce(i)*b) fin fin fin </pre> |
|--|---|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 para j=1 si T(1,2)=Tipo1(1,1) Tip2(1)=Tipo1(1,2) si Tip2(1)='CCC' Bn(1)=1.00 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=\|F(1,1)\|/( Ø*fce(1)*b) elseif Tip2(1)='CCT' Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=\|F(1,1)\|/( Ø*fce(1)*b) elseif Tip2(1)='CTT' Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para j=2 si T(1,2)=Tipo1(2,1) Tip2(1)=Tipo1(2,2) si Tip2(1)='CCC' Bn(1)=1.00 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=\|F(1,2)\|/( Ø*fce(1)*b) elseif Tip2(1)='CCT' Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=\|F(1,2)\|/( Ø*fce(1)*b) elseif Tip2(1)='CTT' Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc fin fin fin </pre> | <pre> para i=1 para j=3 si T(1,2)=Tipo1(3,1) Tip2(1)=Tipo1(3,2) si Tip2(1)='CCC' Bn(1)=1.00 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=\|F(1,3)\|/( Ø*fce(1)*b) elseif Tip2(1)='CCT' Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=\|F(1,3)\|/( Ø*fce(1)*b) elseif Tip2(1)='CTT' Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc fin fin fin </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|---|---|--|
| <pre> wf(1)=\|F(1,1)\|/( Ø*fce(1)*b) fin fin fin fin </pre> | <pre> wf(1)=\|F(1,2)\|/( Ø*fce(1)*b) fin fin fin fin </pre> | <pre> wf(1)=\|F(1,3)\|/( Ø*fce(1)*b) fin fin fin fin Entonces: Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc fce(1)=0.85*0.80*350=238 wf(1)=\|F(1,3)\|/( Ø*fce(1)*b) wf(1)=26,970.98/(0.75*238*30) wf(1)=5.04 </pre> |
|---|---|--|

| | | |
|---|---|--|
| <pre> para i=1 para j=4 si T(1,2)=Tipo1(4,1) Tip2(1)=Tipo1(4,2) si Tip2(1)='CCC' Bn(1)=1.00 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=\|F(1,4)\|/( Ø*fce(1)*b) elseif Tip2(1)='CCT' Bn(1)=0.80 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=\|F(1,4)\|/( Ø*fce(1)*b) elseif Tip2(1)='CTT' Bn(1)=0.60 Ø=0.75 fce(1)=0.85*Bn(1)*fc wf(1)=\|F(1,4)\|/( Ø*fce(1)*b) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=1 si T(2,2)=Tipo1(1,1) Tip2(2)=Tipo1(1,2) si Tip2(2)='CCC' Bn(2)=1.00 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=\|F(2,1)\|/( Ø*fce(2)*b) elseif Tip2(2)='CCT' Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=\|F(2,1)\|/( Ø*fce(2)*b) elseif Tip2(2)='CTT' Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=\|F(2,1)\|/( Ø*fce(2)*b) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=2 para j=2 si T(2,2)=Tipo1(2,1) Tip2(2)=Tipo1(2,2) si Tip2(2)='CCC' Bn(2)=1.00 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=\|F(2,2)\|/( Ø*fce(2)*b) elseif Tip2(2)='CCT' Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=\|F(2,2)\|/( Ø*fce(2)*b) elseif Tip2(2)='CTT' Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=\|F(2,2)\|/( Ø*fce(2)*b) fin fin fin Entonces: Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc fce(2)=0.85*0.60*350=178.5 wf(2)=\|F(2,2)\|/( Ø*fce(2)*b) wf(2)=15,120.96/(0.75*178.5*30) wf(2)=3.77 </pre> |
|---|---|--|

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=2 para j=3 si T(2,2)=Tipo1(3,1) Tip2(2)=Tipo1(3,2) si Tip2(2)='CCC' Bn(2)=1.00 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=\|F(2,3)\|/( Ø*fce(2)*b) elseif Tip2(2)='CCT' </pre> | <pre> para i=2 para j=4 si T(2,2)=Tipo1(4,1) Tip2(2)=Tipo1(4,2) si Tip2(2)='CCC' Bn(2)=1.00 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=\|F(2,4)\|/( Ø*fce(2)*b) elseif Tip2(2)='CCT' </pre> | <pre> para i=3 para j=1 si T(3,2)=Tipo1(1,1) Tip2(3)=Tipo1(1,2) si Tip2(3)='CCC' Bn(3)=1.00 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=\|F(3,1)\|/( Ø*fce(3)*b) elseif Tip2(3)='CCT' </pre> |
|--|--|--|



| | | |
|---|---|---|
| <pre> Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=\|F(2,3)\|/( Ø*fce(2)*b) elseif Tip2(2)='CTT' Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=\|F(2,3)\|/( Ø*fce(2)*b) fin fin fin fin </pre> | <pre> Bn(2)=0.80 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=\|F(2,4)\|/( Ø*fce(2)*b) elseif Tip2(2)='CTT' Bn(2)=0.60 Ø=0.75 fce(2)=0.85*Bn(2)*fc wf(2)=\|F(2,4)\|/( Ø*fce(2)*b) fin fin fin fin </pre> | <pre> Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=\|F(3,1)\|/( Ø*fce(3)*b) elseif Tip2(3)='CTT' Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=\|F(3,1)\|/( Ø*fce(3)*b) fin fin fin fin </pre> |
|---|---|---|

| | | |
|--|---|---|
| <pre> para i=3 para j=2 si T(3,2)=Tipo1(2,1) Tip2(3)=Tipo1(2,2) si Tip2(3)='CCC' Bn(3)=1.00 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=\|F(3,2)\|/( Ø*fce(3)*b) elseif Tip2(3)='CCT' Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=\|F(3,3)\|/( Ø*fce(3)*b) elseif Tip2(3)='CTT' Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=\|F(3,2)\|/( Ø*fce(3)*b) fin fin fin fin Entonces: Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc fce(3)=0.85*0.60*350=178.5 wf(3)=\|F(3,2)\|/( Ø*fce(3)*b) wf(3)=29,565.29/(0.75*178.5*30) wf(3)=7.36 </pre> | <pre> para i=3 para j=3 si T(3,2)=Tipo1(3,1) Tip2(3)=Tipo1(3,2) si Tip2(3)='CCC' Bn(3)=1.00 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=\|F(3,3)\|/( Ø*fce(3)*b) elseif Tip2(3)='CCT' Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=\|F(3,3)\|/( Ø*fce(3)*b) elseif Tip2(3)='CTT' Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=\|F(3,3)\|/( Ø*fce(3)*b) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=3 para j=4 si T(3,2)=Tipo1(4,1) Tip2(3)=Tipo1(4,2) si Tip2(3)='CCC' Bn(3)=1.00 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=\|F(3,4)\|/( Ø*fce(3)*b) elseif Tip2(3)='CCT' Bn(3)=0.80 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=\|F(3,4)\|/( Ø*fce(3)*b) elseif Tip2(3)='CTT' Bn(3)=0.60 Ø=0.75 fce(3)=0.85*Bn(3)*fc wf(3)=\|F(3,4)\|/( Ø*fce(3)*b) fin fin fin fin </pre> |
|--|---|---|



| | | |
|---|---|---|
| <pre> para i=4 para j=1 si T(4,2)=Tipo1(1,1) Tip2(4)=Tipo1(1,2) si Tip2(4)='CCC' Bn(4)=1.00 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wf(4)=\|F(4,1)\|/( Ø*fce(4)*b) elseif Tip2(4)='CCT' Bn(4)=0.80 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wf(4)=\|F(4,1)\|/( Ø*fce(4)*b) elseif Tip2(4)='CTT' Bn(4)=0.60 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wf(4)=\|F(4,1)\|/( Ø*fce(4)*b) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para j=2 si T(4,2)=Tipo1(2,1) Tip2(4)=Tipo1(2,2) si Tip2(4)='CCC' Bn(4)=1.00 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wf(4)=\|F(4,2)\|/( Ø*fce(4)*b) elseif Tip2(4)='CCT' Bn(4)=0.80 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wf(4)=\|F(4,2)\|/( Ø*fce(4)*b) elseif Tip2(4)='CTT' Bn(4)=0.60 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wf(4)=\|F(4,2)\|/( Ø*fce(4)*b) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=4 para j=3 si T(4,2)=Tipo1(3,1) Tip2(4)=Tipo1(3,2) si Tip2(4)='CCC' Bn(4)=1.00 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wf(4)=\|F(4,3)\|/( Ø*fce(4)*b) elseif Tip2(4)='CCT' Bn(4)=0.80 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wf(4)=\|F(4,3)\|/( Ø*fce(4)*b) elseif Tip2(4)='CTT' Bn(4)=0.60 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wf(4)=\|F(4,3)\|/( Ø*fce(4)*b) fin fin fin fin </pre> |
|---|---|---|

| | | |
|--|---|---|
| <pre> para i=4 para j=4 si T(4,2)=Tipo1(4,1) Tip2(4)=Tipo1(4,2) si Tip2(4)='CCC' Bn(4)=1.00 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wf(4)=\|F(4,4)\|/( Ø*fce(4)*b) elseif Tip2(4)='CCT' Bn(4)=0.80 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wf(4)=\|F(4,4)\|/( Ø*fce(4)*b) elseif Tip2(4)='CTT' Bn(4)=0.60 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc wf(4)=\|F(4,4)\|/( Ø*fce(4)*b) fin fin fin Entonces: Bn(4)=0.60 Ø=0.75 fce(4)=0.85*Bn(4)*fc fce(4)= 0.85*0.60*350=178.5 wf(4)=\|F(4,4)\|/( Ø*fce(4)*b) wf(4)=25,400/(0.75*178.5*30) wf(4)=6.32 </pre> | <pre> para i=5 para j=1 si T(5,2)=Tipo1(1,1) Tip2(5)=Tipo1(1,2) si Tip2(5)='CCC' Bn(5)=1.00 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wf(5)=\|F(5,1)\|/( Ø*fce(5)*b) elseif Tip2(5)='CCT' Bn(5)=0.80 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wf(5)=\|F(5,1)\|/( Ø*fce(5)*b) elseif Tip2(5)='CTT' Bn(5)=0.60 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wf(5)=\|F(5,1)\|/( Ø*fce(5)*b) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para j=2 si T(5,2)=Tipo1(2,1) Tip2(5)=Tipo1(2,2) si Tip2(5)='CCC' Bn(5)=1.00 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wf(5)=\|F(5,2)\|/( Ø*fce(5)*b) elseif Tip2(5)='CCT' Bn(5)=0.80 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wf(5)=\|F(5,2)\|/( Ø*fce(5)*b) elseif Tip2(5)='CTT' Bn(5)=0.60 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wf(5)=\|F(5,2)\|/( Ø*fce(5)*b) fin fin fin fin </pre> |
|--|---|---|



| | |
|---|--|
| <pre> para i=5 para j=3 si T(5,2)=Tipo1(3,1) Tip2(5)=Tipo1(3,2) si Tip2(5)='CCC' Bn(5)=1.00 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wf(5)=\|F(5,3)\|/( Ø*fce(5)*b) elseif Tip2(5)='CCT' Bn(5)=0.80 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wf(5)=\|F(5,3)\|/( Ø*fce(5)*b) elseif Tip2(5)='CTT' Bn(5)=0.60 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wf(5)=\|F(5,3)\|/( Ø*fce(5)*b) fin fin fin fin </pre> | <pre> para i=5 para j=4 si T(5,2)=Tipo1(4,1) Tip2(5)=Tipo1(4,2) si Tip2(5)='CCC' Bn(5)=1.00 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wf(5)=\|F(5,4)\|/( Ø*fce(5)*b) elseif Tip2(5)='CCT' Bn(5)=0.80 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wf(5)=\|F(5,4)\|/( Ø*fce(5)*b) elseif Tip2(5)='CTT' Bn(5)=0.60 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc wf(5)=\|F(5,4)\|/( Ø*fce(5)*b) fin fin fin Entonces: Bn(5)=0.60 Ø=0.75 fce(5)=0.85*Bn(5)*fc fce(5)=0.85*0.60*350=178.5 wf(5)=\|F(5,4)\|/( Ø*fce(5)*b) wf(5)=5,000/(0.75*178.5*30) wf(5)=1.25 </pre> |
|---|--|

Finalmente:

| | |
|-------|------|
| wf(1) | 5.04 |
| wf(2) | 3.77 |
| wf(3) | 7.36 |
| wf(4) | 6.32 |
| wf(5) | 1.25 |

Columna (6): Tipo de Barra

| | |
|--|--|
| <pre> para i=1:#barras si wi(i)>wf(i) o wf(i)>wi(i) TipoBarra(i)='Botella' elseif wi(i)=wf(i) TipoBarra(i)='Prisma' fin fin </pre> | <pre> para i=1:5 si wi(i)>wf(i) o wf(i)>wi(i) TipoBarra(i)='Botella' elseif wi(i)=wf(i) TipoBarra(i)='Prisma' fin fin </pre> |
|--|--|

Sabemos que:



| | |
|-------|------|
| wi(1) | 7.46 |
| wi(2) | 3.77 |
| wi(3) | 5.52 |
| wi(4) | 6.32 |
| wi(5) | 0.93 |

| | |
|-------|------|
| wf(1) | 5.04 |
| wf(2) | 3.77 |
| wf(3) | 7.36 |
| wf(4) | 6.32 |
| wf(5) | 1.25 |

Entonces:

| | | |
|--|--|--|
| <pre> para i=1 si wi(1)>wf(1) o wf(1)>wi(1) TipoBarra(1)='Botella' elseif wi(1)=wf(1) TipoBarra(1)='Prisma' fin fin </pre> | <pre> para i=2 si wi(2)>wf(2) o wf(2)>wi(2) TipoBarra(2)='Botella' elseif wi(2)=wf(2) TipoBarra(2)='Prisma' fin fin </pre> | <pre> para i=3 si wi(3)>wf(3) o wf(3)>wi(3) TipoBarra(3)='Botella' elseif wi(3)=wf(3) TipoBarra(3)='Prisma' fin fin </pre> |
|--|--|--|

| | |
|--|--|
| <pre> para i=4 si wi(4)>wf(4) o wf(4)>wi(4) TipoBarra(4)='Botella' elseif wi(4)=wf(4) TipoBarra(4)='Prisma' fin fin </pre> | <pre> para i=5 si wi(5)>wf(5) o wf(5)>wi(5) TipoBarra(5)='Botella' elseif wi(5)=wf(5) TipoBarra(5)='Prisma' fin fin </pre> |
|--|--|

Finalmente:

| | |
|--------------|-----------|
| TipoBarra(1) | 'Botella' |
| TipoBarra(2) | 'Prisma' |
| TipoBarra(3) | 'Botella' |
| TipoBarra(4) | 'Prisma' |
| TipoBarra(5) | 'Botella' |

Columna (7): Factor puntal (editable desplegable en la misma tabla)

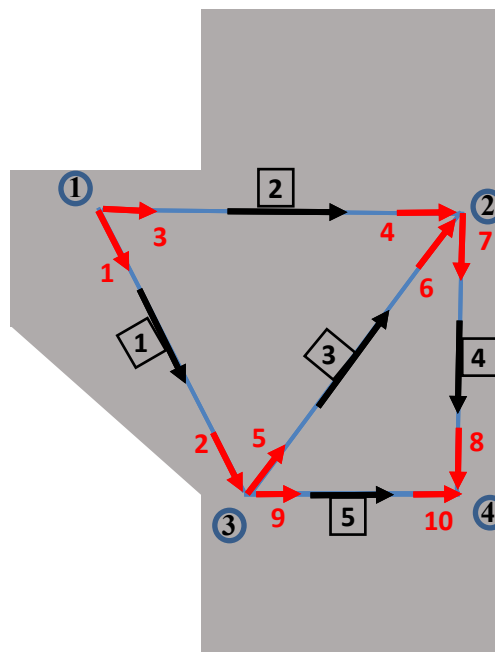
El factor β_s podrá tomar los valores 0.40, 0.75, 1.00.

Sabemos que:

| Ubicación del puntal | Tipo de Puntal | Criterios | β_s | |
|-----------------------|----------------|-----------------|-----------|-----|
| Puntales en elementos | Ninguna | Todos los casos | 0.40 | (a) |



| | | | | |
|--|----------------------|---|------|-----|
| sometidos a tracción o en zonas de tracción de elementos | | | | |
| Todos los otros casos | Puntales de contorno | Todos los casos | 1.00 | (b) |
| | Puntales interiores | Refuerzo que satisface (a) o (b) de la tabla 23.5.1 | 0.75 | (c) |
| | | Ubicado en regiones que satisfacen 23.4.4 | 0.75 | (d) |
| | | Articulaciones Columna-Viga | 0.75 | (e) |
| | | Todos los otros casos | 0.40 | (f) |



| | | |
|-------|------|--|
| Bs(1) | 1.00 | Puntal de contorno |
| Bs(2) | 1.00 | Es un tensor pero la fuerza que ejerce en la zona nodal es el de un puntal, por su ubicación es de contorno. |
| Bs(3) | 0.75 | Refuerzo que satisface (a) o (b) de la tabla 23.5.1 |
| Bs(4) | 1.00 | Es un tensor pero la fuerza que ejerce en la zona nodal es el de un puntal, por su ubicación es de contorno. |
| Bs(5) | 1.00 | Es un tensor pero la fuerza que ejerce en la zona nodal es el de un puntal, por su ubicación es de contorno. |



Columna (8): Resistencia efectiva del concreto en un Puntal

| | |
|---|---|
| para i=1:#barras fce(i)=0.85*Bs(i)*fc fin | para i=1:5 fce(i)=0.85*Bs(i)*fc fin |
|---|---|

| | | |
|--|--|--|
| para i=1 fce(1)=0.85*Bs(1)*fc fin Entonces: fce(1)=0.85*Bs(1)*fc fce(1)=0.85*1.00*350 fce(1)=297.5 | para i=2 fce(2)=0.85*Bs(2)*fc fin Entonces: fce(2)=0.85*Bs(2)*fc fce(2)=0.85*1.00*350 fce(2)=297.5 | para i=3 fce(3)=0.85*Bs(3)*fc fin Entonces: fce(3)=0.85*Bs(3)*fc fce(3)=0.85*0.75*350 fce(3)=223.125 |
|--|--|--|

| | |
|--|--|
| para i=4 fce(4)=0.85*Bs(4)*fc fin Entonces: fce(4)=0.85*Bs(4)*fc fce(4)=0.85*1.00*350 fce(4)=297.5 | para i=5 fce(5)=0.85*Bs(5)*fc fin Entonces: fce(5)=0.85*Bs(5)*fc fce(5)=0.85*1.00*350 fce(5)=297.5 |
|--|--|

| | |
|--------|---------|
| fce(1) | 297.50 |
| fce(2) | 297.50 |
| fce(3) | 223.125 |
| fce(4) | 297.50 |
| fce(5) | 297.50 |

Columna (9): Fuerzas ultimas en las barras.

| | |
|--|--------------------------------------|
| para i=1:#barras Fu(i)=P(2i-1,1) fin | para i=1:5 Fu(i)=P(2i-1,1) fin |
|--|--------------------------------------|

| | | |
|--|---|--|
| para i=1 Fu(1)=P(1,1) fin Entonces: Fu(1)=P(1,1)=26,970.98 | para i=2 Fu(2)=P(3,1) fin Entonces: Fu(2)=P(3,1)=-15,120.96 | para i=3 Fu(3)=P(5,1) fin Entonces: Fu(3)=P(5,1)=29,565.29 |
|--|---|--|

| | |
|---|--|
| para i=4 Fu(4)=P(7,1) fin Entonces: Fu(4)=P(7,1)=-25,400.00 | para i=5 Fu(5)=P(9,1) fin Entonces: Fu(5)=P(9,1)=-5,000.00 |
|---|--|



| | |
|-------|------------|
| Fu(1) | 26,970.98 |
| Fu(2) | -15,120.96 |
| Fu(3) | 29,565.29 |
| Fu(4) | -25,400.00 |
| Fu(5) | -5,000.00 |

Columna (10): Ancho del Puntal

| | |
|--|--|
| para i=1:#barras Ø=0.75 ws(i)=\|Fu(i)\|/( Ø*fce(i)*b) fin | para i=1:5 Ø=0.75 ws(i)=\|Fu(i)\|/( Ø*fce(i)*b) fin |
|--|--|

| | | |
|---|---|--|
| para i=1:5 Ø=0.75 ws(1)=\|Fu(1)\|/( Ø*fce(1)*b) fin Entonces: ws(1)=26,970.98/(0.75*297.5*30) ws(1)=4.03 | para i=2 Ø=0.75 ws(2)=\|Fu(2)\|/( Ø*fce(2)*b) fin Entonces: ws(2)=15,120.96/(0.75*297.5*30) ws(2)=2.26 | para i=3 Ø=0.75 ws(3)=\|Fu(3)\|/( Ø*fce(3)*b) fin Entonces: ws(3)=29,565.29/(0.75*223.13*30) ws(3)=5.89 |
|---|---|--|

| | |
|--|---|
| para i=4 Ø=0.75 ws(4)=\|Fu(4)\|/( Ø*fce(4)*b) fin Entonces: ws(4)=25,400.00/(0.75*297.5*30) ws(4)=3.80 | para i=5 Ø=0.75 ws(5)=\|Fu(5)\|/( Ø*fce(5)*b) fin Entonces: ws(5)=5,000.00/(0.75*297.50*30) ws(5)=0.75 |
|--|---|

| | |
|-------|------|
| ws(1) | 4.03 |
| ws(2) | 2.26 |
| ws(3) | 5.89 |
| ws(4) | 3.80 |
| ws(5) | 0.75 |

Finalmente:

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------------|------------|------|-----|------|
| Barra | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo de Barra | Bs | fce | Fu | Ws |
| 1 | nodo inicio 01 | wi(1) | nodo final 01 | wf(1) | Botella o Prismática | Editable ∇ | fce1 | Fu1 | Ws1 |
| 2 | nodo inicio 02 | wi(2) | nodo final 02 | wf(2) | Botella o Prismática | Editable ∇ | fce2 | Fu2 | Ws2 |
| 3 | nodo inicio 03 | wi(3) | nodo final 03 | wf(3) | Botella o Prismática | Editable ∇ | fce3 | Fu3 | Ws3 |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : | : |

Reemplazando:



| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
|-------|--------|------|-----|------|---------------|------|--------|------------|------|
| Barra | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo de Barra | Bs | fce | Fu | Ws |
| 1 | 1 | 6.72 | 3 | 5.04 | 'Botella' | 1.00 | 297.50 | 26,970.98 | 4.03 |
| 2 | 1 | 3.77 | 2 | 3.77 | 'Prisma' | 1.00 | 297.50 | -15,120.96 | 2.26 |
| 3 | 3 | 5.52 | 2 | 7.36 | 'Botella' | 0.75 | 223.13 | 29,565.29 | 5.89 |
| 4 | 2 | 6.32 | 4 | 6.32 | 'Prisma' | 1.00 | 297.50 | -25,400.00 | 3.80 |
| 5 | 3 | 0.93 | 4 | 1.25 | 'Botella' | 1.00 | 297.50 | -5,000.00 | 0.75 |

- Creamos una segunda tabla, donde se mostrará el mayor ancho efectivo de cada barra en sus extremos, sea debido al control por fuerzas en zonas nodales o fuerzas en las barras.

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------------|
| BARRA | INICIO | wi | FIN | wf | TIPO |
| 1 | Nudo inicio 01 | wi(1) | Nudo final 01 | wf(1) | "Botella" o "Prisma" |
| 2 | Nudo inicio 02 | wi(2) | Nudo final 02 | wf(2) | "Botella" o "Prisma" |
| 3 | Nudo inicio 03 | wi(3) | Nudo final 03 | wf(3) | "Botella" o "Prisma" |
| : | : | : | : | : | : |
| : | : | : | : | : | : |

Columna (1):

| | |
|------------------------------------|------------------------------|
| para i=1:#barras PT(i)=i fin | para i=1:5 PT(i)=i fin |
|------------------------------------|------------------------------|

| | | |
|--|--|--|
| para i=1 PT(1)=1 fin Entonces: PT(1)=1 | para i=2 PT(2)=2 fin Entonces: PT(2)=2 | para i=3 PT(3)=3 fin Entonces: PT(3)=3 |
|--|--|--|

| | |
|--|--|
| para i=4 PT(4)=4 fin Entonces: PT(4)=4 | para i=5 PT(5)=5 fin Entonces: PT(5)=5 |
|--|--|

Columna (2):

$$T(:,1) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 3 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix}$$



Columna (4):

$$T(:,2) = \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \\ 2 \\ 4 \\ 4 \end{bmatrix}$$

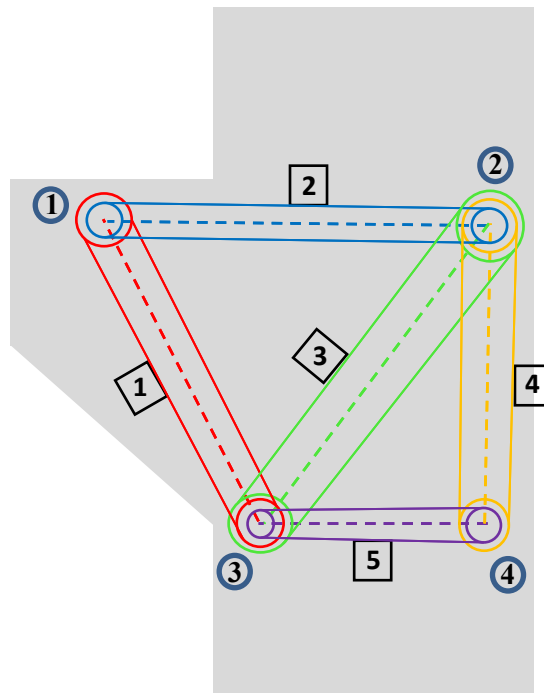
Columna (3) y (5):

| | |
|--|--|
| <pre>para i=1:#barras Winicio(i)=maximo(wi(i),ws(i)) Wfinal(i)=máximo(wf(i),ws(i)) fin</pre> | <pre>para i=1:5 Winicio(i)=maximo(wi(i),ws(i)) Wfinal(i)=máximo(wf(i),ws(i)) fin</pre> |
|--|--|

| | | |
|---|---|---|
| <pre>para i=1 Winicio(1)=maximo(wi(1),ws(1)) Wfinal(1)=máximo(wf(1),ws(1)) fin Entonces: Winicio(1)=maximo(wi(1),ws(1)) Winicio(1)=maximo(6.72,4.03) Winicio(1)=6.72 Wfinal(1)=máximo(wf(1),ws(1)) Wfinal(1)=máximo(5.04,4.03) Wfinal(1)=5.04</pre> | <pre>para i=2 Winicio(2)=maximo(wi(2),ws(2)) Wfinal(2)=máximo(wf(2),ws(2)) fin Entonces: Winicio(2)=maximo(wi(2),ws(2)) Winicio(2)=maximo(3.77,2.26) Winicio(2)=3.77 Wfinal(2)=máximo(wf(2),ws(2)) Wfinal(2)=máximo(3.77,2.26) Wfinal(2)=3.77</pre> | <pre>para i=3 Winicio(3)=maximo(wi(3),ws(3)) Wfinal(3)=máximo(wf(3),ws(3)) fin Entonces: Winicio(3)=maximo(wi(3),ws(3)) Winicio(3)=maximo(5.52,5.89) Winicio(3)=5.89 Wfinal(3)=máximo(wf(3),ws(3)) Wfinal(3)=máximo(7.36,5.89) Wfinal(3)=7.36</pre> |
|---|---|---|

| | |
|---|---|
| <pre>para i=4 Winicio(4)=maximo(wi(4),ws(4)) Wfinal(4)=máximo(wf(4),ws(4)) fin Entonces: Winicio(4)=maximo(wi(4),ws(4)) Winicio(4)=maximo(6.32,3.80) Winicio(4)=6.32 Wfinal(4)=máximo(wf(4),ws(4)) Wfinal(4)=máximo(6.32,3.80) Wfinal(4)=6.32</pre> | <pre>para i=5 Winicio(5)=maximo(wi(5),ws(5)) Wfinal(5)=máximo(wf(5),ws(5)) fin Entonces: Winicio(5)=maximo(wi(5),ws(5)) Winicio(5)=maximo(0.93,0.75) Winicio(5)=0.93 Wfinal(5)=máximo(wf(5),ws(5)) Wfinal(5)=máximo(1.25,0.75) Wfinal(5)=1.25</pre> |
|---|---|

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|-------|--------|------|-----|------|-----------|
| BARRA | INICIO | wi | FIN | wf | TIPO |
| 1 | 1 | 6.72 | 3 | 5.04 | 'Botella' |
| 2 | 1 | 3.77 | 2 | 3.77 | 'Prisma' |
| 3 | 3 | 5.89 | 2 | 7.36 | 'Botella' |
| 4 | 2 | 6.32 | 4 | 6.32 | 'Prisma' |
| 5 | 3 | 0.93 | 4 | 1.25 | 'Botella' |



D. ACERO EN TENSORES

El objetivo será crear la siguiente tabla:

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|----------|-----------------|-------------|------------|------|-------------------|---------|-------------|
| Barra | Carga en Tensor | \emptyset | f_y | Ats | DIAMETRO | Abarra | N° Varillas |
| Tensor 1 | $P_{Tensor1}$ | 0.75 | 4200 o 420 | Ats1 | Editable ∇ | Abarra1 | N1 |
| Tensor 2 | $P_{Tensor2}$ | 0.75 | 4200 o 420 | Ats2 | Editable ∇ | Abarra2 | N2 |
| Tensor 3 | $P_{Tensor3}$ | 0.75 | 4200 o 420 | Ats3 | Editable ∇ | Abarra3 | N3 |
| : | : | : | : | : | : | : | : |
| : | : | : | : | : | : | : | : |

COLUMNA 01, 02, 03, 04 y 05:

Creamos las matrices columna del Numero de barra del Tensor, Carga en cada tensor, factor de reducción y el esfuerzo de fluencia del acero. Sabemos que el vector de cargas internas del análisis de la cercha ideal:

| | | |
|------|--------|-----|
| [P]= | P(1,1) | P1 |
| | P(2,1) | -P1 |
| | P(3,1) | P2 |
| | P(4,1) | -P2 |
| | P(5,1) | P3 |
| | : | : |
| | : | : |



| | | |
|------|---------|---------------|
| [P]= | P(1,1) | 26,970.98 kg |
| | P(2,1) | -26,970.98 kg |
| | P(3,1) | -15,120.96 kg |
| | P(4,1) | 15,120.96 kg |
| | P(5,1) | 29,565.29 kg |
| | P(6,1) | -29,565.29 kg |
| | P(7,1) | -25,400.00 kg |
| | P(8,1) | 25,400.00 kg |
| | P(9,1) | -5,000.00 kg |
| | P(10,1) | 5,000.00 kg |

Entonces se podrá decir:

$$P(2i - 1) > 0 \rightarrow \text{Compresion} \quad , \quad P(2i - 1) < 0 \rightarrow \text{Traccion}$$

Luego el algoritmo será:

| | |
|--|--|
| <pre> k=0 para i=1:#barras si P(2i-1)<0 k1=k+1 k=k1 Tensor(k1)=i FTensor(k1,1)=P(2i-1) Factor(k1,1)=0.75 fy(k1,1)=4200 o 420 Ats(k1,1)=\|FTensor(k1,1)\|/(Factor(k1,1)*fy(k1,1)) fin fin </pre> | <pre> k=0 para i=1:5 si P(2i-1)<0 k1=k+1 k=k1 Tensor(k1)=i FTensor(k1,1)=P(2i-1) Factor(k1,1)=0.75 fy(k1,1)=4200 o 420 Ats(k1,1)=\|FTensor(k1,1)\|/(Factor(k1,1)*fy(k1,1)) fin fin </pre> |
|--|--|

| | |
|--|---|
| <pre> k=0 para i=1 si P(1)<0 k1=k+1 k=k1 Tensor(k1)=1 FTensor(k1,1)=P(1) Factor(k1,1)=0.75 fy(k1,1)=4200 o 420 Ats(k1,1)=\|FTensor(k1,1)\|/(Factor(k1,1)*fy(k1,1)) fin fin </pre> | <pre> k=0 para i=2 si P(3)<0 k1=k+1 k=k1 Tensor(k1)=2 FTensor(k1,1)=P(3) Factor(k1,1)=0.75 fy(k1,1)=4200 o 420 Ats(k1,1)=\|FTensor(k1,1)\|/(Factor(k1,1)*fy(k1,1)) fin fin Entonces: k1=k+1=0+1=1 k=k1=1 Tensor(1)=2 FTensor(1,1)=P(3)=-15,120.96 kg Factor(1,1)=0.75 fy(1,1)=4200 Ats(1,1)=\|FTensor(1,1)\|/(Factor(1,1)*fy(1,1)) Ats(1,1)=15,120.96/(0.75*4200)=4.8 </pre> |
|--|---|



| | |
|--|--|
| <pre>k=0 para i=3 si P(5)<0 k1=k+1 k=k1 Tensor(k1)=3 FTensor(k1,1)=P(5) Factor(k1,1)=0.75 fy(k1,1)=4200 o 420 Ats(k1,1)=\|FTensor(k1,1)\|/(Factor(k1,1)*fy(k1,1)) fin fin</pre> | <pre>k=0 para i=4 si P(7)<0 k1=k+1 k=k1 Tensor(k1)=4 FTensor(k1,1)=P(7) Factor(k1,1)=0.75 fy(k1,1)=4200 o 420 Ats(k1,1)=\|FTensor(k1,1)\|/(Factor(k1,1)*fy(k1,1)) fin fin Entonces: k1=k+1=1+1=2 k=k1=2 Tensor(2)=4 FTensor(2,1)=P(7)= -25,400.00 kg Factor(2,1)=0.75 fy(2,1)=4200 Ats(2,1)=\|FTensor(2,1)\|/(Factor(2,1)*fy(2,1)) Ats(2,1)= 25,400.00/(0.75*4200)=8.06</pre> |
|--|--|

| |
|---|
| <pre>k=0 para i=5 si P(9)<0 k1=k+1 k=k1 Tensor(k1)=5 FTensor(k1,1)=P(9) Factor(k1,1)=0.75 fy(k1,1)=4200 o 420 Ats(k1,1)=\|FTensor(k1,1)\|/(Factor(k1,1)*fy(k1,1)) fin fin Entonces: k1=k+1=2+1=3 k=k1=3 Tensor(3)=5 FTensor(3,1)=P(9)=-5,000.00 kg Factor(3,1)=0.75 fy(3,1)=4200 Ats(3,1)=\|FTensor(3,1)\|/(Factor(3,1)*fy(3,1)) Ats(3,1)= 5,000.00/(0.75*4200)=1.59</pre> |
|---|



Columna 06:

Es una columna editable, donde se seleccionará el diámetro de la barra. Entonces se tendrá una matriz columna de la siguiente forma, dependiendo del sistema de unidades y lo que se seleccione en cada opción.

| | Diámetro |
|------------|----------|
| diam (1,1) | 3/8 o 10 |
| diam (2,1) | 1/2 o 13 |
| diam (3,1) | 1 o 25 |
| : | : |
| : | : |

Entonces:

| | Diámetro |
|------------|----------|
| diam (1,1) | 1/2 |
| diam (2,1) | 1/2 |
| diam (3,1) | 3/8 |

Columna 07:

Se definirá la matriz columna del área del refuerzo seleccionado dependiendo el sistema de unidades también seleccionado (SI o mks), a continuación, mostrados para el algoritmo para el sistema mks.

| | |
|--|--|
| para i=1: #filas de FTensor si diam(i,1)=3/8 Abarra(i,1)=0.71 sino si diam(i,1)=1/2 Abarra(i,1)=1.29 sino si diam(i,1)=5/8 Abarra(i,1)=1.99 sino si diam(i,1)=3/4 Abarra(i,1)=2.84 sino si diam(i,1)=1 Abarra(i,1)=5.10 fin | para i=1: 3 si diam(i,1)=3/8 Abarra(i,1)=0.71 sino si diam(i,1)=1/2 Abarra(i,1)=1.29 sino si diam(i,1)=5/8 Abarra(i,1)=1.99 sino si diam(i,1)=3/4 Abarra(i,1)=2.84 sino si diam(i,1)=1 Abarra(i,1)=5.10 fin |
|--|--|

| | | |
|---|---|---|
| para i=1 si diam(1,1)=3/8 Abarra(1,1)=0.71 sino si diam(1,1)=1/2 | para i=2 si diam(2,1)=3/8 Abarra(2,1)=0.71 sino si diam(2,1)=1/2 | para i=3 si diam(3,1)=3/8 Abarra(3,1)=0.71 sino si diam(3,1)=1/2 |
|---|---|---|



| | | |
|---|---|---|
| <p>Abarra(1,1)=1.29 sino si diam(1,1)=5/8 Abarra(1,1)=1.99 sino si diam(1,1)=3/4 Abarra(1,1)=2.84 sino si diam(1,1)=1 Abarra(1,1)=5.10 fin</p> <p>fin</p> <p>Entonces: Abarra(1,1)=1.29</p> | <p>Abarra(2,1)=1.29 sino si diam(2,1)=5/8 Abarra(2,1)=1.99 sino si diam(2,1)=3/4 Abarra(2,1)=2.84 sino si diam(2,1)=1 Abarra(2,1)=5.10 fin</p> <p>fin</p> <p>Entonces: Abarra(2,1)=1.29</p> | <p>Abarra(3,1)=1.29 sino si diam(3,1)=5/8 Abarra(3,1)=1.99 sino si diam(3,1)=3/4 Abarra(3,1)=2.84 sino si diam(3,1)=1 Abarra(3,1)=5.10 fin</p> <p>fin</p> <p>Entonces: Abarra(3,1)=0.71</p> |
|---|---|---|

Columna 08:

Se definirá la matriz columna del número de varillas necesarias para cada tensor.

| | |
|---|--|
| <p>para i=1: #filas de FTensor Nbarras(i,1)=redondear(Ats(i,1)/Abarra(i,1)) fin</p> | <p>para i=1:3 Nbarras(i,1)=redondear(Ats(i,1)/Abarra(i,1)) fin</p> |
|---|--|

| | |
|---|--|
| <p>para i=1 Nbarras(1,1)=redondear(Ats(1,1)/Abarra(1,1)) fin</p> <p>Entonces: Nbarras(1,1)=redondear(Ats(1,1)/Abarra(1,1)) Nbarras(1,1)=redondear(4.8/1.29)=4</p> | <p>para i=2 Nbarras(2,1)=redondear(Ats(2,1)/Abarra(2,1)) fin</p> <p>Entonces: Nbarras(2,1)=redondear(Ats(2,1)/Abarra(2,1)) Nbarras(2,1)=redondear(8.06/1.29)=7</p> |
|---|--|

| |
|--|
| <p>para i=3 Nbarras(3,1)=redondear(Ats(3,1)/Abarra(3,1)) fin</p> <p>Entonces: Nbarras(3,1)=redondear(Ats(3,1)/Abarra(3,1)) Nbarras(3,1)=redondear(1.59/0.71)=3</p> |
|--|

Finalmente:

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|-------|-----------------|------|------|------|----------|--------|-------------|
| Barra | Carga en Tensor | Ø | fy | Ats | DIAMETRO | Abarra | N° Varillas |
| 2 | 15,120.96 | 0.75 | 4200 | 4.80 | 1/2 | 1.29 | 4 |
| 4 | 25,400.00 | 0.75 | 4200 | 8.06 | 1/2 | 1.29 | 7 |
| 5 | 5,000.00 | 0.75 | 4200 | 1.59 | 3/8 | 0.71 | 3 |



E. ACERO MINIMO

El objetivo será crear la siguiente tabla:

| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|----------|-------------|------------|----------|------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| Puntal | α | Ah | S1 | Av | S2 | ρh | ρv | ρt |
| puntal 1 | $\alpha(1)$ | Editable ▽ | Editable | Editable ▽ | Editable | $\rho h(1)$ | $\rho v(1)$ | $\rho t(1)$ |
| puntal 2 | $\alpha(2)$ | Editable ▽ | Editable | Editable ▽ | Editable | $\rho h(2)$ | $\rho v(2)$ | $\rho t(2)$ |
| puntal 3 | $\alpha(3)$ | Editable ▽ | Editable | Editable ▽ | Editable | $\rho h(3)$ | $\rho v(3)$ | $\rho t(3)$ |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : |

Sabemos de los pasos anteriores que:

| | |
|----------------|--------------------|
| alfa(1)=-67.96 | angulo(1,1)=-67.96 |
| alfa(2)=0 | angulo(2,1)=0 |
| alfa(3)=59.24 | angulo(3,1)=59.24 |
| alfa(4)=-90 | angulo(4,1)=-90 |
| alfa(5)=0 | angulo(5,1)=0 |

Columna 03,04, 05 y 06

Es una columna editable, donde se seleccionará el diámetro del refuerzo a usar, también se escogerá el espaciamiento horizontal y vertical al cual será distribuido el refuerzo.

| Ah | S1 | Av | S2 |
|------------|----|----|----|
| 3/8"(0.71) | 12 | 0 | 30 |
| 3/8"(0.71) | 12 | 0 | 30 |

Columna 01, 02, 07, 08 y 09

```

k=0
para i=1:#barras
  si P(2i-1)>0
    k1=k+1
    k=k1
    puntal(k1)=i
    alfa(k1,1)=angulo(i,1)
    ph(k1,1)=2Ah(k1,1)*abs(sen(alfa(k1,1)))/[b*S1(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
    pv(k1,1)=2Av(k1,1)*abs(cos(alfa(k1,1)))/[b*S2(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
    pt(k1,1)= ph(k1,1)+ pv(k1,1)
  fin
fin
  
```

```

k=0
para i=1:5
  si P(2i-1)>0
    k1=k+1
    k=k1
  
```



```
puntal(k1)=i
alfa(k1,1)=angulo(i,1)
ph(k1,1)=2Ah(k1,1)*abs(sen(alfa(k1,1)))/[b*S1(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
pv(k1,1)=2Av(k1,1)*abs(cos(alfa(k1,1)))/[b*S2(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
pt(k1,1)= ph(k1,1)+ pv(k1,1)
fin
fin
```

```
k=0
para i=1
si P(1)>0
k1=k+1
k=k1
puntal(k1)=1
alfa(k1,1)=angulo(1,1)
ph(k1,1)=2Ah(k1,1)*abs(sen(alfa(k1,1)))/[b*S1(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
pv(k1,1)=2Av(k1,1)*abs(cos(alfa(k1,1)))/[b*S2(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
pt(k1,1)= ph(k1,1)+ pv(k1,1)
fin
fin
Entonces:
k1=k+1=0+1=1
k=k1=1
puntal(1)=1
alfa(1,1)= -67.96
ph(1,1)=2Ah(1,1)*abs(sen(alfa(1,1)))/[b*S1(1,1)*( abs(sen(alfa(1,1)))+ abs(cos(alfa(1,1))))]
ph(1,1)=2*0.71*abs(sen(-67.96))/[30*12*( abs(sen(-67.96)))+ abs(cos(-67.96))]=0.0028
pv(1,1)=2Av(1,1)*abs(cos(alfa(1,1)))/[b*S2(1,1)*( abs(sen(alfa(1,1)))+ abs(cos(alfa(1,1))))]
pv(1,1)=0
pt(1,1)= ph(1,1)+ pv(1,1)=0.0028+0=0.0028
```

```
para i=2
si P(3)>0
k1=k+1
k=k1
puntal(k1)=2
alfa(k1,1)=angulo(2,1)
ph(k1,1)=2Ah(k1,1)*abs(sen(alfa(k1,1)))/[b*S1(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
pv(k1,1)=2Av(k1,1)*abs(cos(alfa(k1,1)))/[b*S2(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
pt(k1,1)= ph(k1,1)+ pv(k1,1)
fin
fin
```

```
para i=3
si P(5)>0
k1=k+1
k=k1
puntal(k1)=3
alfa(k1,1)=angulo(3,1)
ph(k1,1)=2Ah(k1,1)*abs(sen(alfa(k1,1)))/[b*S1(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
pv(k1,1)=2Av(k1,1)*abs(cos(alfa(k1,1)))/[b*S2(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
pt(k1,1)= ph(k1,1)+ pv(k1,1)
fin
fin
Entonces:
```



```

k1=k+1=1+1=2
k=k1=2
puntal(2)=3
alfa(2,1)=angulo(3,1)=59.24
ph(2,1)=2Ah(2,1)*abs(sen(alfa(2,1)))/[b*S1(2,1)*( abs(sen(alfa(2,1)))+ abs(cos(alfa(2,1))))]
ph(2,1)=2*0.71*abs(sen(59.24))/[30*12*( abs(sen(59.24))+ abs(cos(59.24)))] = 0.0025
pv(2,1)=2Av(2,1)*abs(cos(alfa(2,1)))/[b*S2(2,1)*( abs(sen(alfa(2,1)))+ abs(cos(alfa(2,1))))]
pv(2,1)=0
pt(2,1)= ph(2,1)+ pv(2,1)=0.0025+0=0.0025
    
```

```

para i=4
si P(7)>0
k1=k+1
k=k1
puntal(k1)=4
alfa(k1,1)=angulo(4,1)
ph(k1,1)=2Ah(k1,1)*abs(sen(alfa(k1,1)))/[b*S1(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
pv(k1,1)=2Av(k1,1)*abs(cos(alfa(k1,1)))/[b*S2(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
pt(k1,1)= ph(k1,1)+ pv(k1,1)
fin
    
```

```

para i=5
si P(9)>0
k1=k+1
k=k1
puntal(k1)=5
alfa(k1,1)=angulo(5,1)
ph(k1,1)=2Ah(k1,1)*abs(sen(alfa(k1,1)))/[b*S1(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
pv(k1,1)=2Av(k1,1)*abs(cos(alfa(k1,1)))/[b*S2(k1,1)*( abs(sen(alfa(k1,1)))+ abs(cos(alfa(k1,1))))]
pt(k1,1)= ph(k1,1)+ pv(k1,1)
fin
    
```

Reemplazamos en la tabla:

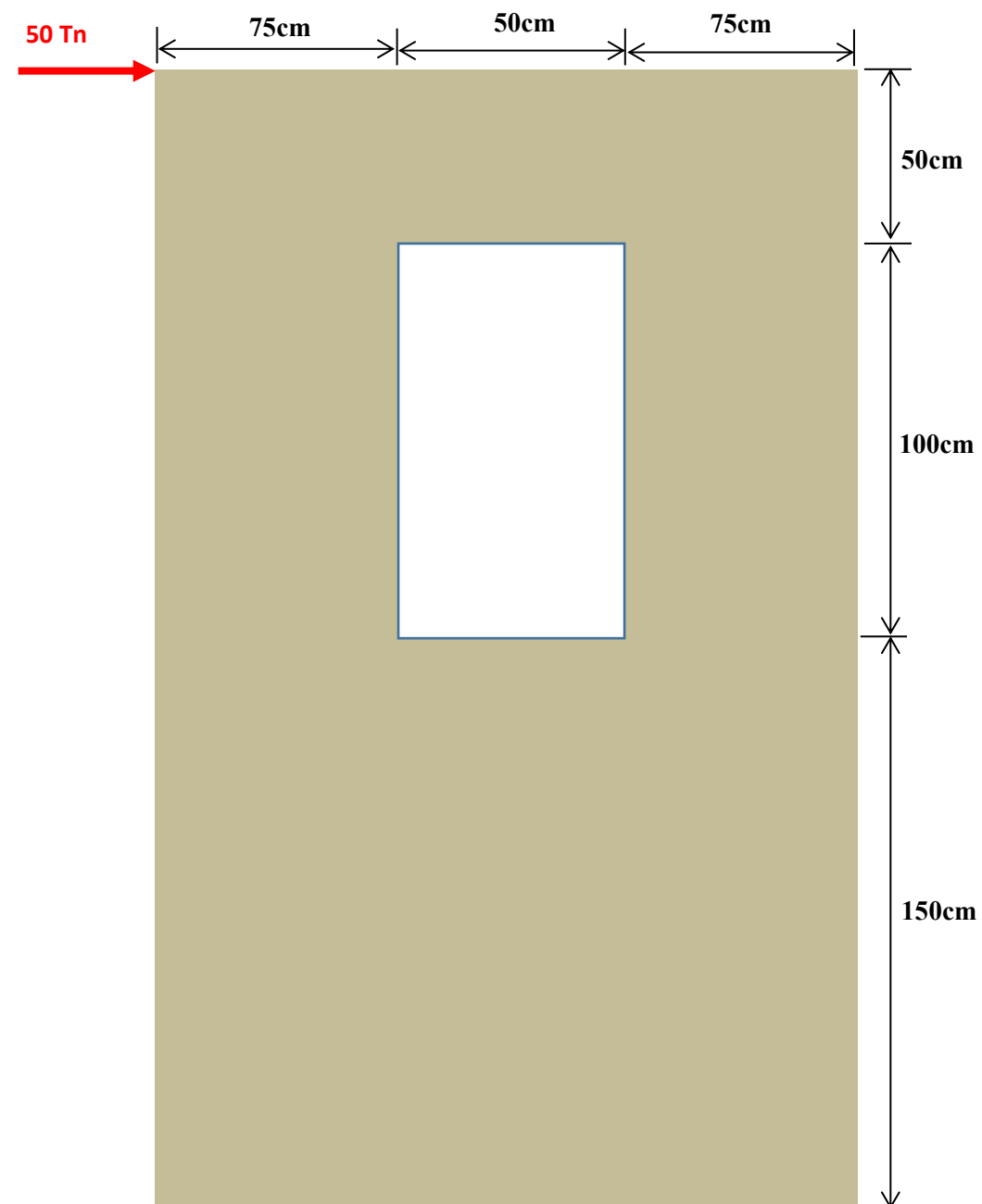
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) |
|--------|----------|-----|-----|-----|-----|----------|----------|----------|
| Puntal | α | Ah | S1 | Av | S2 | ρh | ρv | ρt |
| 1 | -67.96 | 3/8 | 12 | 0 | 30 | 0.0028 | 0 | 0.0028 |
| 3 | 59.24 | 3/8 | 12 | 0 | 30 | 0.0025 | 0 | 0.0025 |



6.3. APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO EN MURO O PLACA CON ABERTURAS

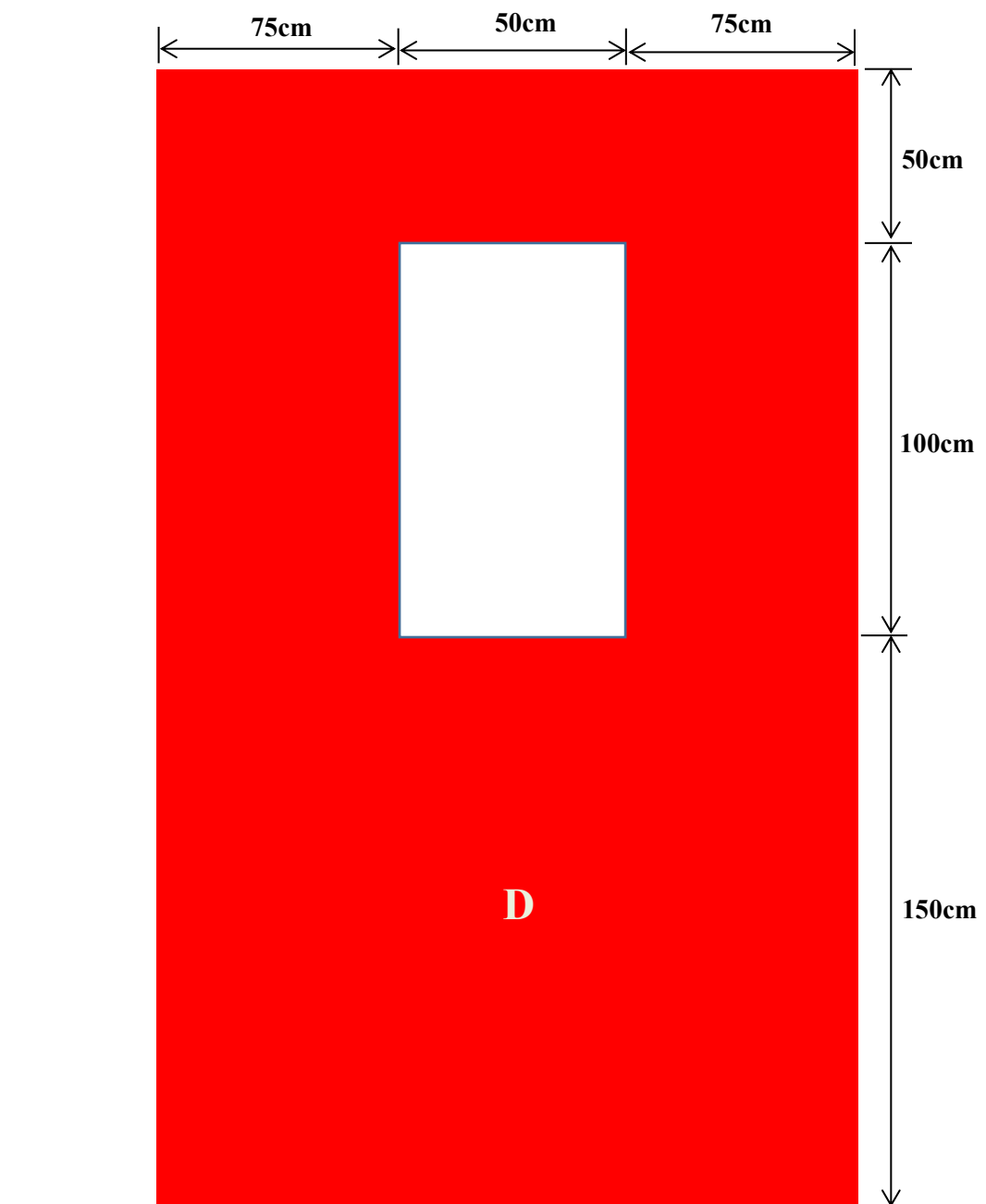
6.3.1 SOLUCION ANALITICA

Sea la siguiente placa o muro estructural de concreto armado con una abertura de 50x100cm ($f'c=280\text{kg/cm}^2$ y $b=25\text{cm}$).



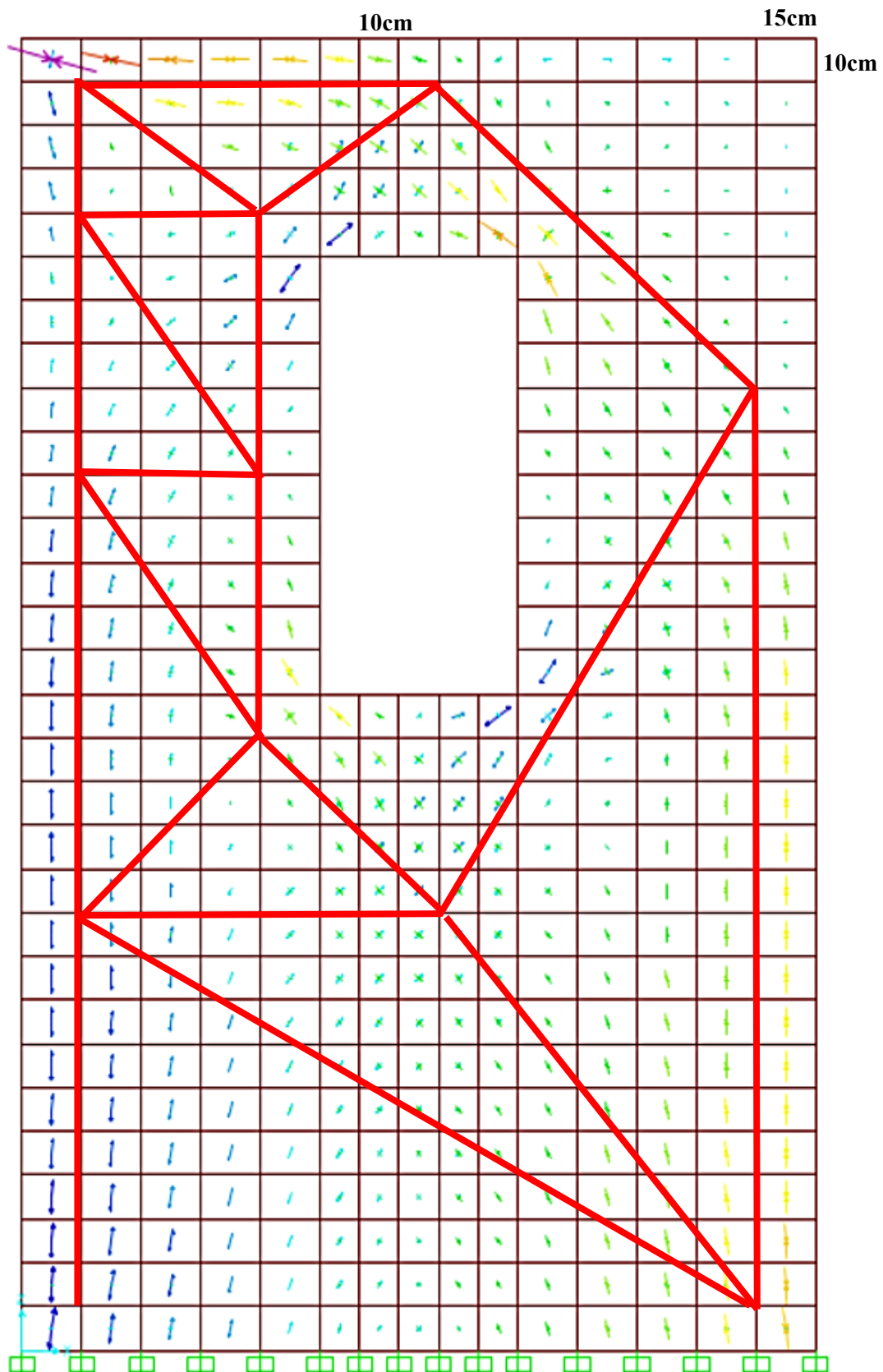


A. DEFINIMOS LAS ZONAS DE DISCONTINUIDAD O REGION D



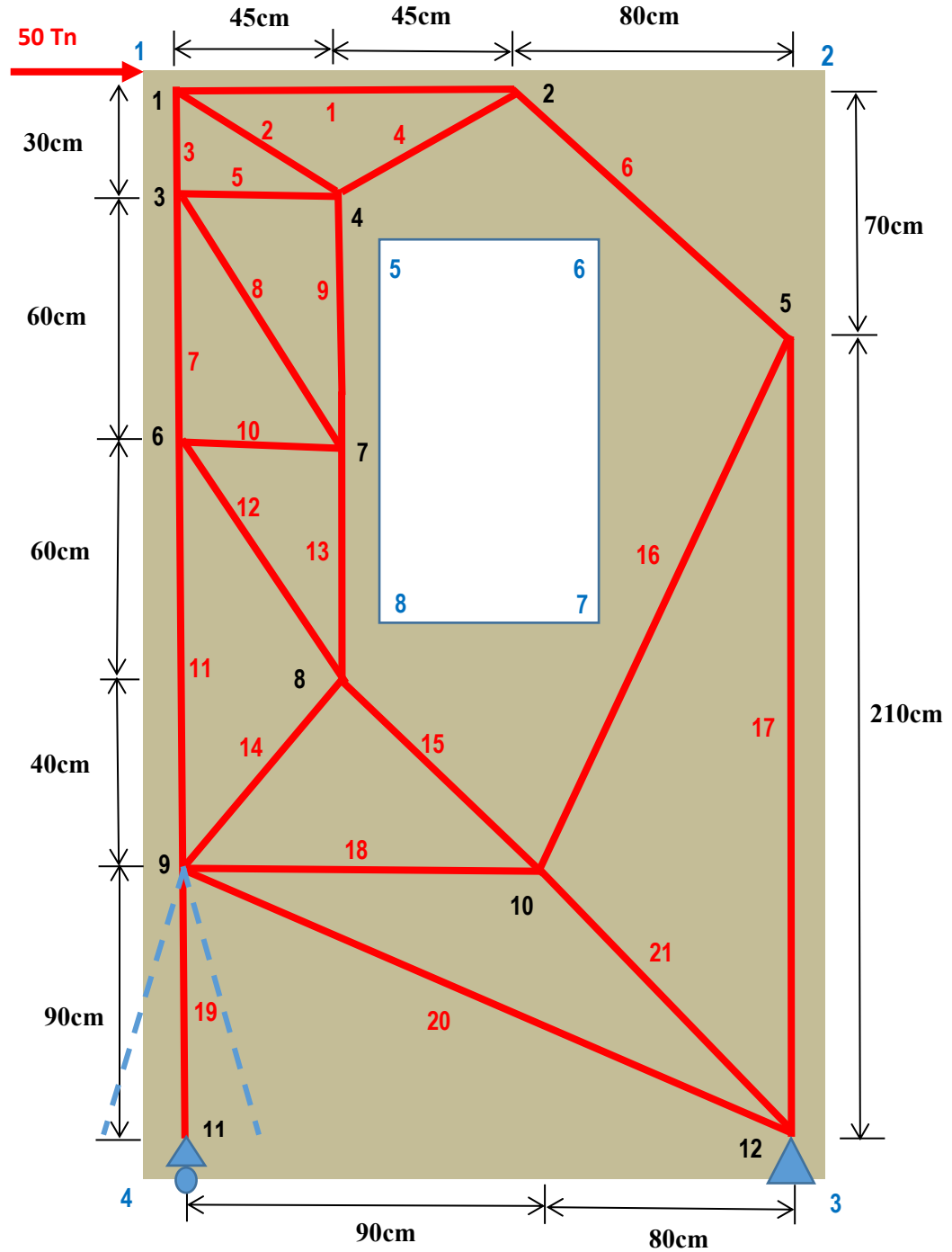


B. DEFINIMOS EL FLUJO DE TENSIONES INTERNAS





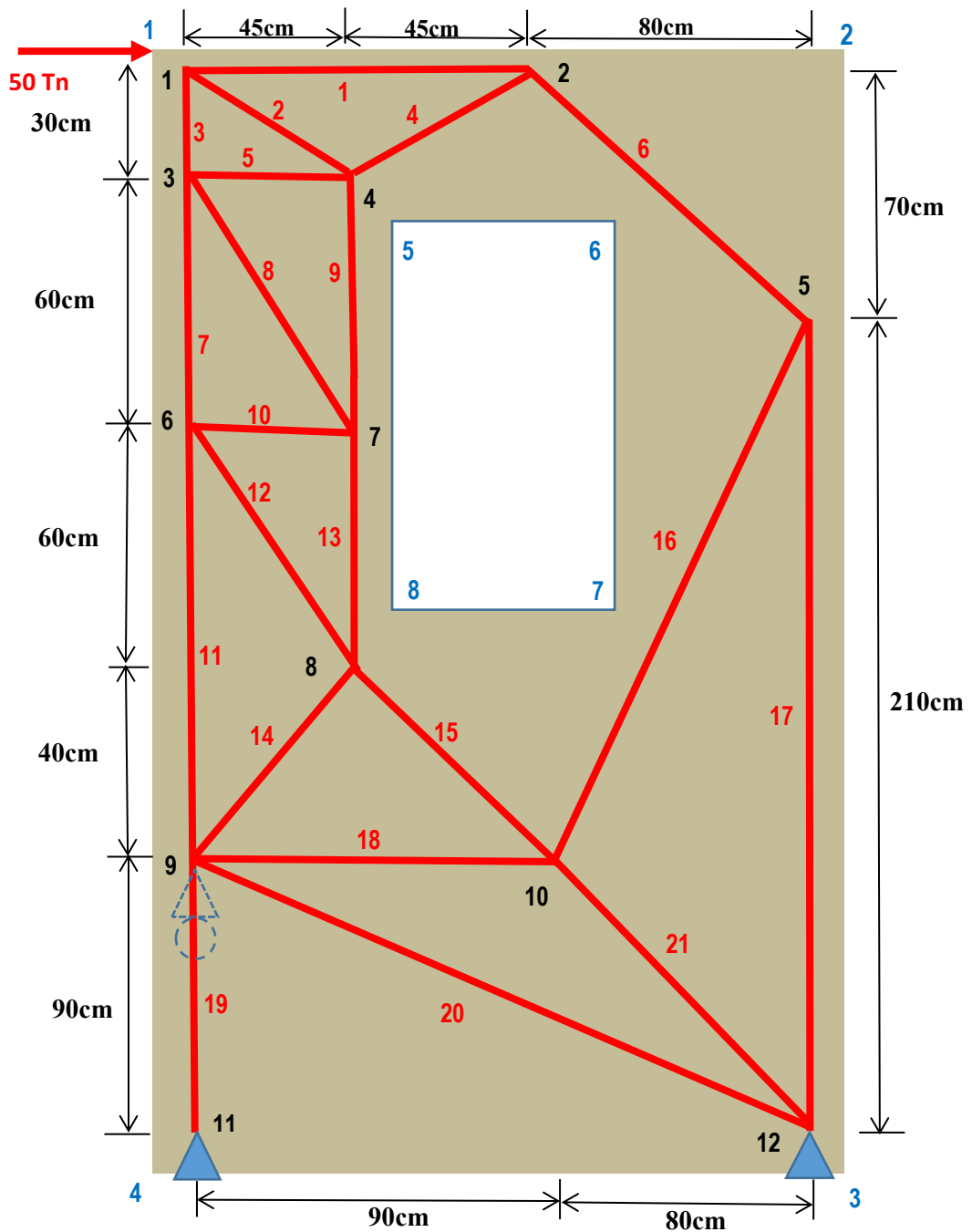
C. DEFINIMOS EL MODELO PUNTAL TENSOR



NOTA:
 $GDH = (\text{barras} + \text{Restricciones}) - 2(\text{nudos}) = 21 + 3 - 2(12) = 0$ (isostático)
 La armadura es ISOSTÁTICA pero INESTABLE, porque el apoyo en el nudo (11) permite desplazamientos horizontales.



Cuando se elabore las cerchas se deberá tener mucho cuidado con la ESTABILIDAD de la estructura, ya que en el cálculo estructural esto generara datos absurdos. La solución para darle estabilidad a esta cercha, es simplemente restringirla en la dirección de la inestabilidad, observemos la segunda propuesta de la cercha ISOSTATICA y ESTABLE.



NOTA: $GDH = (\text{barras} + \text{Restricciones}) - 2(\text{nudos}) = 21 + 4 - 2(12) = 1$ (Hiperestático)

La armadura es hiperestática pero estable, porque el apoyo en el nudo (11) permite ya no permite desplazamientos horizontales. En realidad, la componente horizontal en el nudo 11 del apoyo es nulo, si la reacción de la barra 19 consideramos como una restricción, entonces el GDH será (se elimina la barra 19 y el nudo 11):

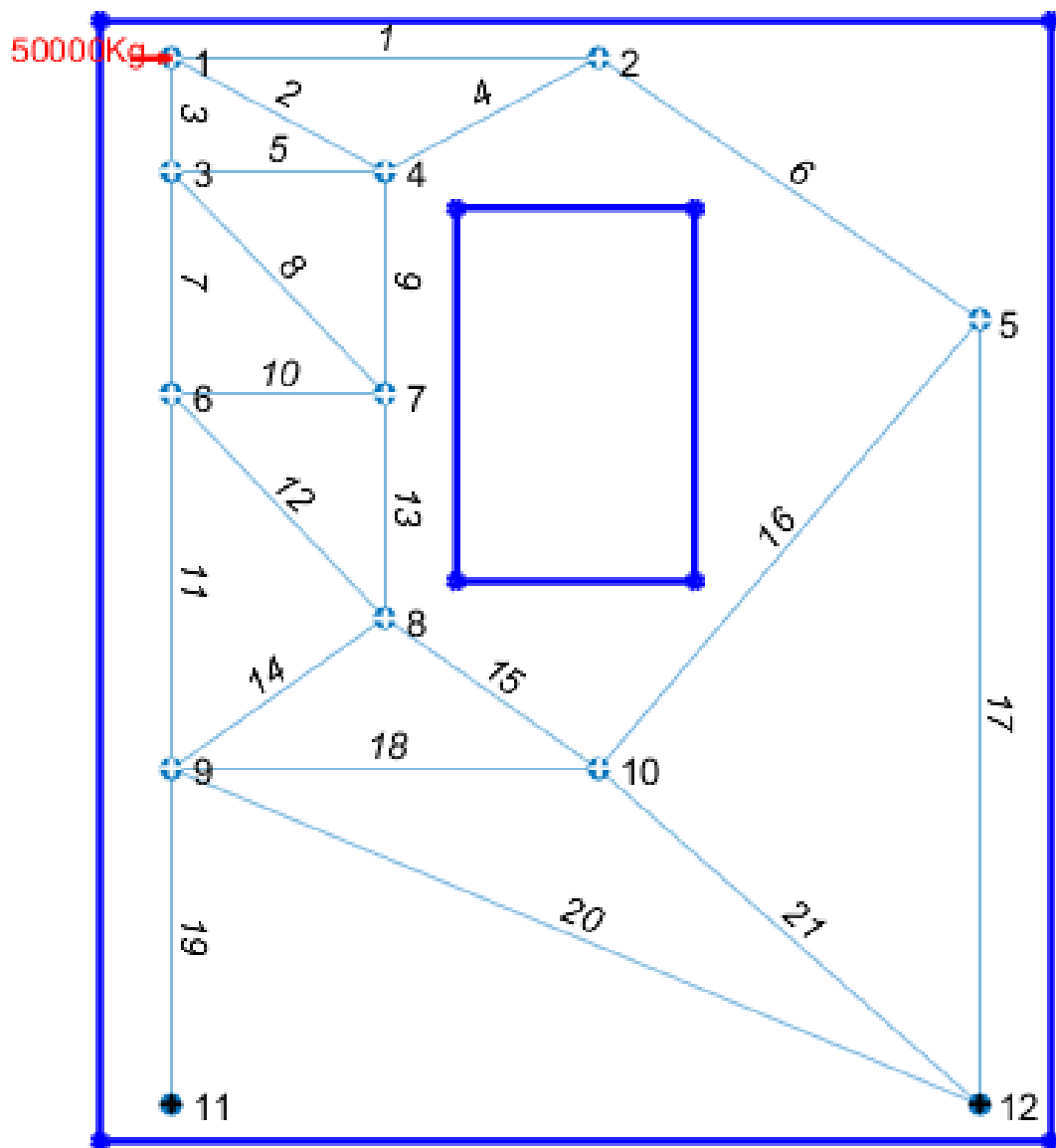
$GDH = 20 + 3 - 2(11) = 1$ (Hiperestático).



D. CALCULAMOS LAS FUERZAS EN CADA BARRA

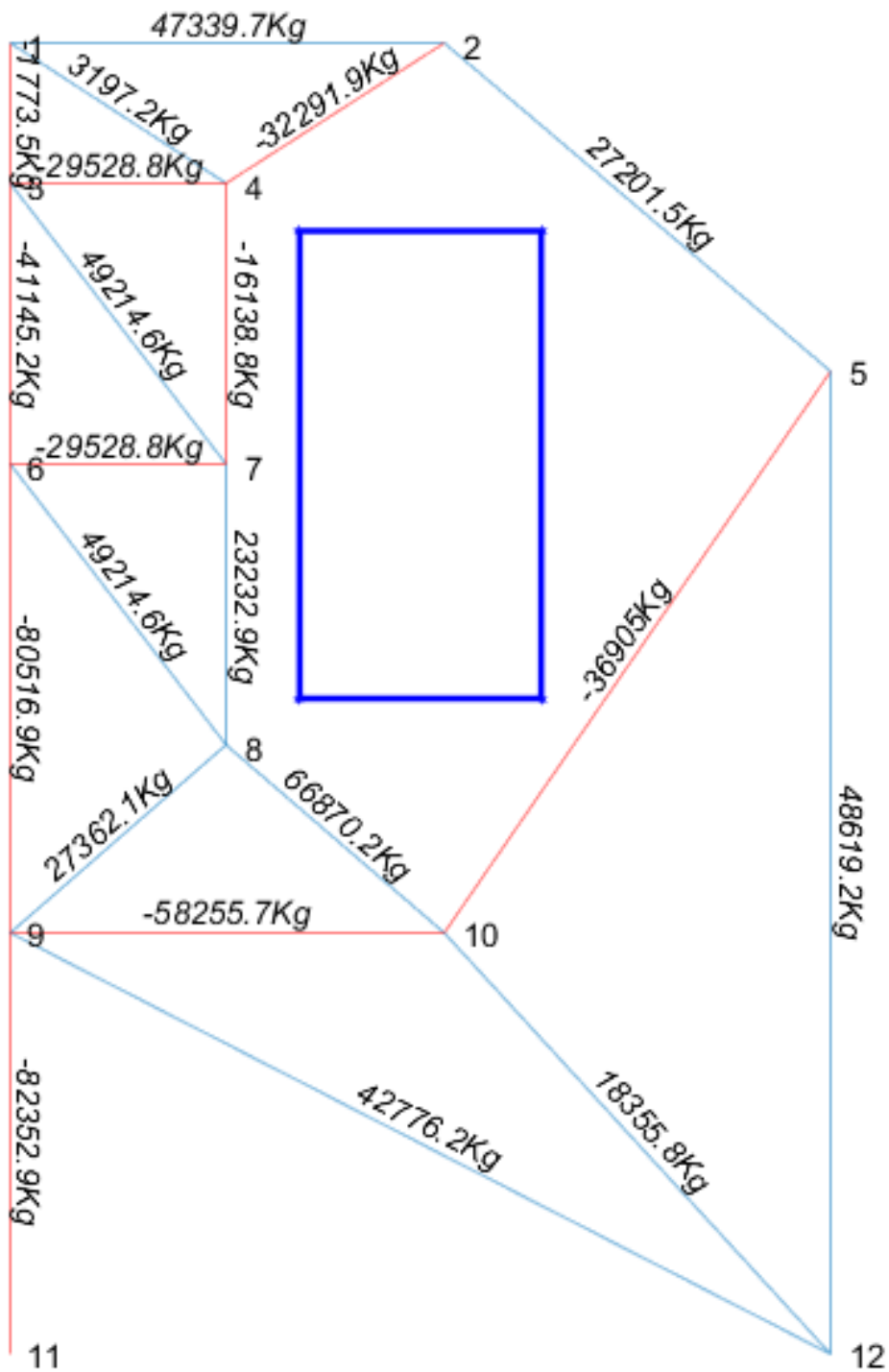
Por motivos de agilizar los cálculos de las fuerzas en las barras se realizará haciendo uso del programa propuesto en esta investigación AmDIS ESTRUCTURAL y con el objetivo de garantizar los resultados se compara con los resultados obtenidos con el SAP2000.

Modelo geometrico elaborado con el programa propuesto en esta investigacion.



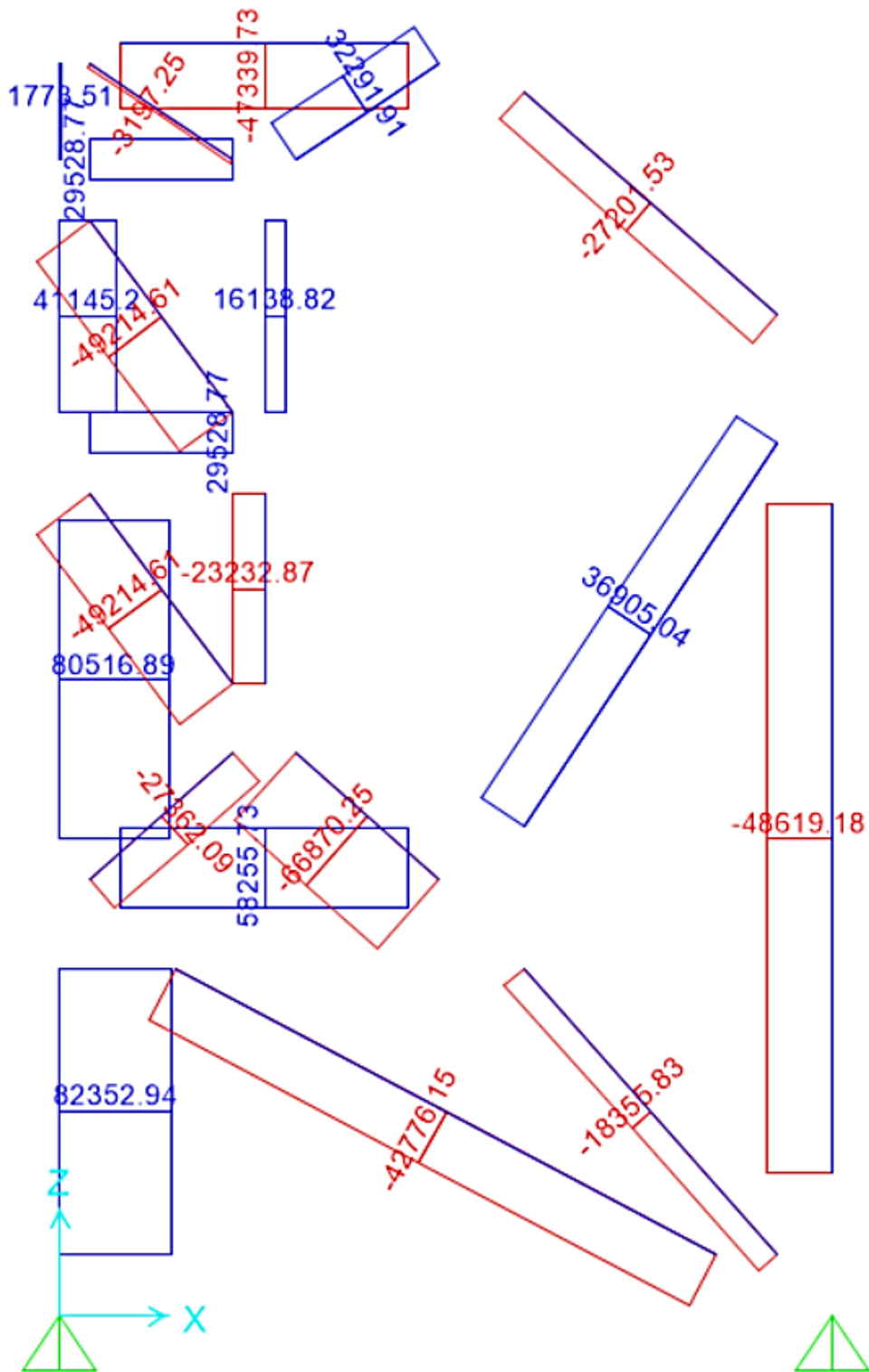


Analisis estructural con el programa propuesto en esta investigacion.





Análisis estructural con el software SAP2000.





| Fuerza | Valor (kg) |
|--------|------------|
| F1 | 47,339.7 |
| F2 | 3,197.2 |
| F3 | -1,773.5 |
| F4 | -32,291.9 |
| F5 | -29,528.8 |
| F6 | 27,201.5 |
| F7 | -41,145.2 |
| F8 | 49,214.6 |
| F9 | -16,138.8 |
| F10 | -29,528.8 |
| F11 | -80,516.9 |
| F12 | 49,214.6 |
| F13 | 23,232.9 |
| F14 | 27,362.1 |
| F15 | 66,870.2 |
| F16 | -36,905.0 |
| F17 | 48,619.2 |
| F18 | -58,255.7 |
| F19 | -82,352.9 |
| F20 | 42,776.2 |
| F21 | 18,355.8 |

E. CONTROL DE NODOS

Sabemos que:

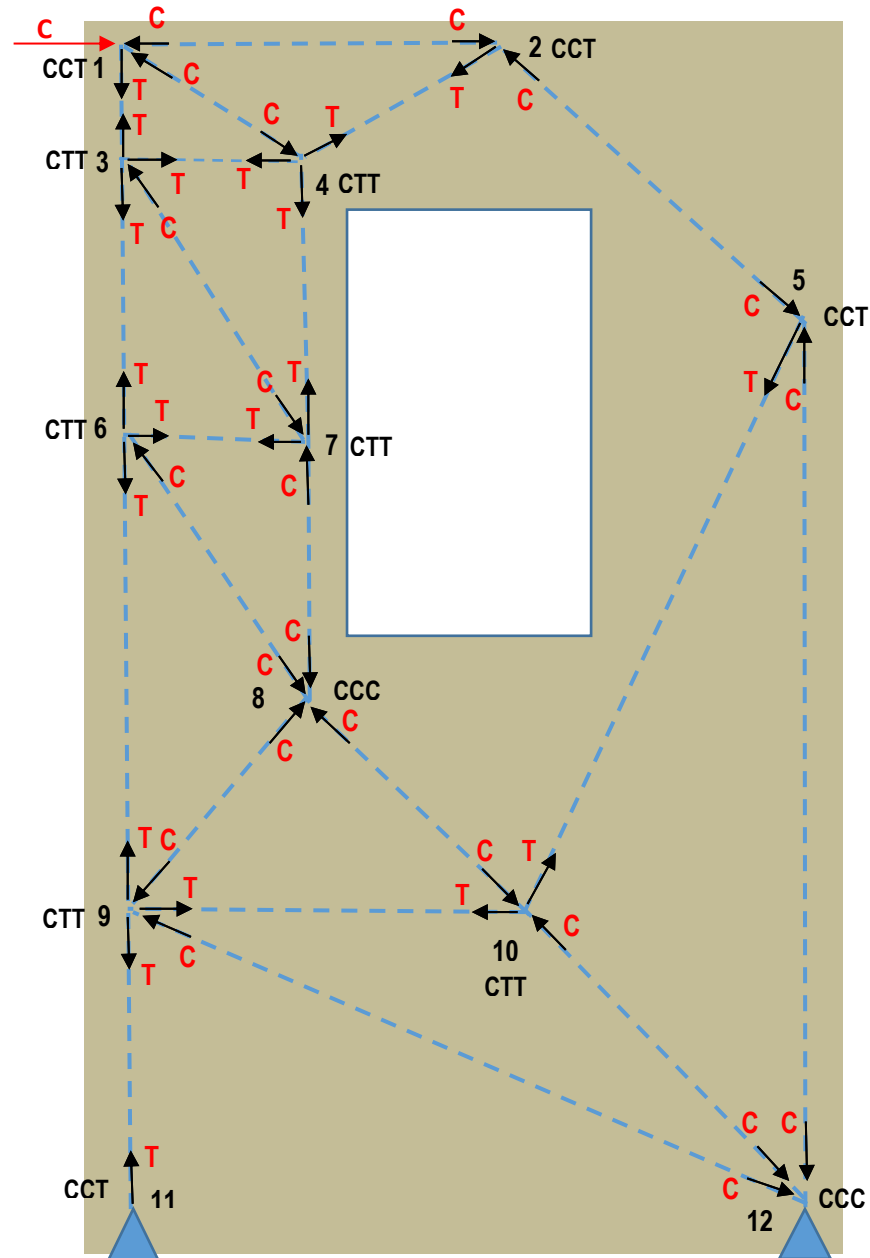
$$w_n \geq \frac{F_u}{\phi f_{ce} b}$$

$$f_{ce} = 0.85 \beta_n f'_c$$

| BARRA | NODO INICIO | Fu(kg) | TIPO | Bn | fce(kg/cm ²) | Wni(cm) |
|-------|-------------|----------|------|------|--------------------------|---------|
| 1 | 1 | 47,339.7 | CCT | 0.80 | 190.4 | 13.26 |
| 2 | 1 | 3,197.2 | CCT | 0.80 | 190.4 | 0.90 |
| 3 | 1 | 1,773.5 | CCT | 0.80 | 190.4 | 0.50 |
| 4 | 4 | 32,291.9 | CTT | 0.60 | 142.8 | 12.06 |
| 5 | 3 | 29,528.8 | CCT | 0.80 | 190.4 | 8.27 |
| 6 | 2 | 27,201.5 | CTT | 0.60 | 142.8 | 10.16 |
| 7 | 6 | 41,145.2 | CTT | 0.60 | 142.8 | 15.37 |
| 8 | 3 | 49,214.6 | CCC | 1.00 | 238.0 | 11.03 |
| 9 | 4 | 16,138.8 | CTT | 0.60 | 142.8 | 6.03 |
| 10 | 6 | 29,528.8 | CTT | 0.60 | 142.8 | 11.03 |
| 11 | 6 | 80,516.9 | CTT | 0.60 | 142.8 | 30.07 |
| 12 | 8 | 49,214.6 | CCC | 1.00 | 238.0 | 11.03 |
| 13 | 7 | 23,232.9 | CTT | 0.60 | 142.8 | 8.68 |
| 14 | 9 | 27,362.1 | CTT | 0.60 | 142.8 | 10.22 |
| 15 | 8 | 66,870.2 | CCC | 1.00 | 238.0 | 14.99 |



| | | | | | | |
|----|----|----------|-----|------|-------|-------|
| 16 | 10 | 36,905.0 | CTT | 0.60 | 142.8 | 13.78 |
| 17 | 5 | 48,619.2 | CCT | 0.80 | 190.4 | 13.62 |
| 18 | 9 | 58,255.7 | CTT | 0.60 | 142.8 | 21.76 |
| 19 | 11 | 82,352.9 | CTT | 0.60 | 142.8 | 30.76 |
| 20 | 9 | 42,776.2 | CTT | 0.60 | 142.8 | 15.98 |
| 21 | 10 | 18,355.8 | CTT | 0.60 | 142.8 | 6.86 |



| BARRA | NODO FINAL | Fu(kg) | TIPO | Bn | fce(kg/cm ²) | Wnf(cm) |
|-------|------------|----------|------|------|--------------------------|---------|
| 1 | 2 | 47,339.7 | CCT | 0.80 | 190.4 | 13.26 |
| 2 | 4 | 3,197.2 | CTT | 0.60 | 142.8 | 1.19 |
| 3 | 3 | 1,773.5 | CTT | 0.60 | 142.8 | 0.66 |
| 4 | 2 | 32,291.9 | CCT | 0.80 | 190.4 | 9.05 |
| 5 | 4 | 29,528.8 | CTT | 0.60 | 142.8 | 11.03 |
| 6 | 5 | 27,201.5 | CCT | 0.80 | 190.4 | 7.62 |

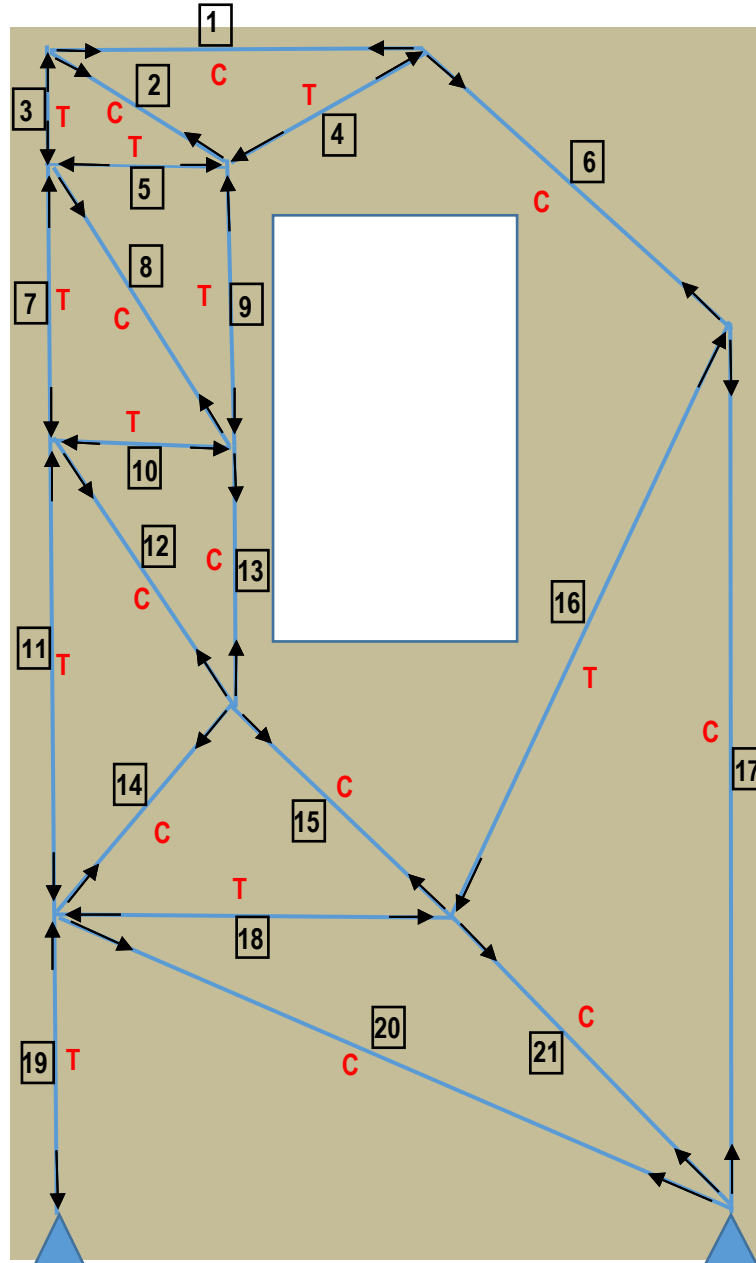


| | | | | | | |
|----|----|----------|-----|------|-------|-------|
| 7 | 3 | 41,145.2 | CTT | 0.60 | 142.8 | 15.37 |
| 8 | 7 | 49,214.6 | CTT | 0.60 | 142.8 | 18.38 |
| 9 | 7 | 16,138.8 | CTT | 0.60 | 142.8 | 6.03 |
| 10 | 7 | 29,528.8 | CTT | 0.60 | 142.8 | 11.03 |
| 11 | 9 | 80,516.9 | CTT | 0.60 | 142.8 | 30.07 |
| 12 | 6 | 49,214.6 | CTT | 0.60 | 142.8 | 18.38 |
| 13 | 8 | 23,232.9 | CCC | 1.00 | 238.0 | 5.21 |
| 14 | 8 | 27,362.1 | CCC | 1.00 | 238.0 | 6.13 |
| 15 | 10 | 66,870.2 | CTT | 0.60 | 142.8 | 24.98 |
| 16 | 5 | 36,905.0 | CCT | 0.80 | 190.4 | 10.34 |
| 17 | 12 | 48,619.2 | CCC | 1.00 | 238.0 | 10.90 |
| 18 | 10 | 58,255.7 | CTT | 0.60 | 142.8 | 21.76 |
| 19 | 9 | 82,352.9 | CTT | 0.60 | 142.8 | 30.76 |
| 20 | 12 | 42,776.2 | CCC | 1.00 | 238.0 | 9.59 |
| 21 | 12 | 18,355.8 | CCC | 1.00 | 238.0 | 4.11 |



F. CONTROL DE PUNTALES

Sabemos del análisis que:



Sabemos que:

$$w_s \geq \frac{F_u}{\phi f_{ce} b} \quad , \quad w_t = \frac{F_u}{\phi f_{ce} b} \quad , \quad f_{ce} = 0.85 \beta_s f'_c$$

| Barra | Bs | fce(kg/cm2) | Fu(kg) | Ws(cm) |
|-------|------|-------------|----------|--------|
| 1 | 1.00 | 238.00 | 47,339.7 | 10.61 |
| 2 | 0.75 | 178.50 | 3,197.2 | 0.96 |
| 3 | 1.00 | 238.00 | 1,773.5 | 0.40 |

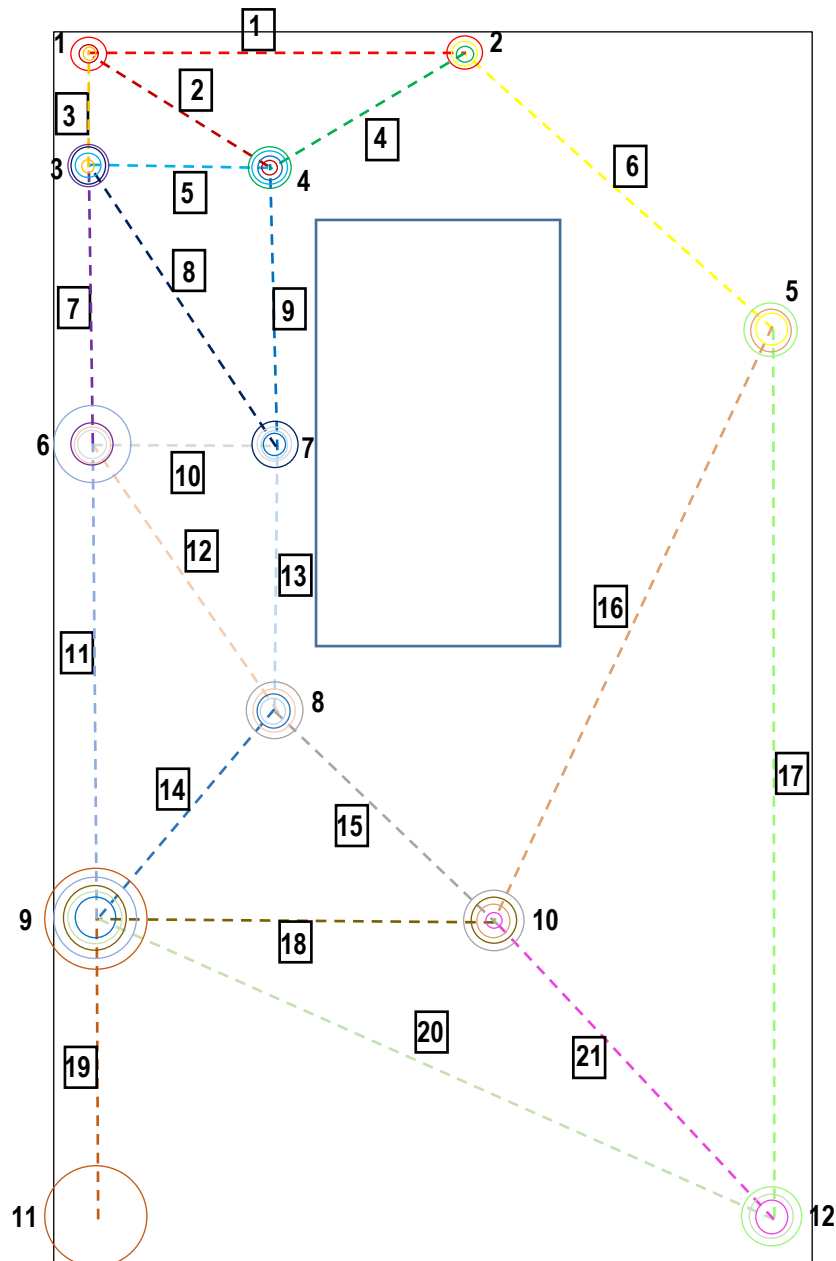


| | | | | |
|----|------|--------|----------|-------|
| 4 | 0.75 | 178.50 | 32,291.9 | 9.65 |
| 5 | 0.75 | 178.50 | 29,528.8 | 8.82 |
| 6 | 1.00 | 238.00 | 27,201.5 | 6.10 |
| 7 | 1.00 | 238.00 | 41,145.2 | 9.22 |
| 8 | 0.75 | 178.50 | 49,214.6 | 14.71 |
| 9 | 0.75 | 178.50 | 16,138.8 | 4.82 |
| 10 | 0.75 | 178.50 | 29,528.8 | 8.82 |
| 11 | 1.00 | 238.00 | 80,516.9 | 18.04 |
| 12 | 0.75 | 178.50 | 49,214.6 | 14.71 |
| 13 | 0.75 | 178.50 | 23,232.9 | 6.94 |
| 14 | 0.75 | 178.50 | 27,362.1 | 8.18 |
| 15 | 0.75 | 178.50 | 66,870.2 | 19.98 |
| 16 | 0.75 | 178.50 | 36,905.0 | 11.03 |
| 17 | 1.00 | 238.00 | 48,619.2 | 10.90 |
| 18 | 0.75 | 178.50 | 58,255.7 | 17.41 |
| 19 | 1.00 | 238.00 | 82,352.9 | 18.45 |
| 20 | 1.00 | 238.00 | 42,776.2 | 9.59 |
| 21 | 0.75 | 178.50 | 18,355.8 | 5.49 |

G. GRAFICO DE ZONAS NODALES

Los anchos máximos finales serán:

| BARRA | INICIO | Wi (cm) | FIN | Wf(cm) | TIPO |
|-------|--------|---------|-----|--------|------------|
| 1 | 1 | 13.26 | 2 | 13.26 | Prismático |
| 2 | 1 | 0.96 | 4 | 1.19 | Botella |
| 3 | 1 | 0.50 | 3 | 0.66 | Botella |
| 4 | 4 | 12.06 | 2 | 9.65 | Botella |
| 5 | 3 | 8.82 | 4 | 11.03 | Botella |
| 6 | 2 | 10.16 | 5 | 7.62 | Botella |
| 7 | 6 | 15.37 | 3 | 15.37 | Prismático |
| 8 | 3 | 14.71 | 7 | 18.38 | Botella |
| 9 | 4 | 6.03 | 7 | 6.03 | Prismático |
| 10 | 6 | 11.03 | 7 | 11.03 | Prismático |
| 11 | 6 | 30.07 | 9 | 30.07 | Prismático |
| 12 | 8 | 14.71 | 6 | 18.38 | Botella |
| 13 | 7 | 8.68 | 8 | 6.94 | Botella |
| 14 | 9 | 10.22 | 8 | 8.18 | Botella |
| 15 | 8 | 19.98 | 10 | 24.96 | Botella |
| 16 | 10 | 13.78 | 5 | 11.03 | Botella |
| 17 | 5 | 13.62 | 12 | 10.90 | Prismático |
| 18 | 9 | 21.76 | 10 | 21.76 | Prismático |
| 19 | 11 | 30.76 | 9 | 30.76 | Prismático |
| 20 | 9 | 15.98 | 12 | 9.59 | Botella |
| 21 | 10 | 6.86 | 12 | 5.49 | Botella |



Después de graficar, podemos observar que en los nodos 1 y 2 están casi al límite, dejando un espacio libre de concreto menos de 5.00 cm. Ahora en el caso del nudo 6 ya está prácticamente en el límite, no deja un espacio libre de concreto y en los nudos 9 y 11 ya se sobrepasó los límites lo cual indica que se necesita más área de concreto para satisfacer las tensiones en tales regiones, siendo necesario al menos 2.00 cm más de concreto; Cabe mencionar que a estos incrementos de dimensiones se debe agregar el recubrimiento.



Entonces:

Refuerzo en una sola dirección (Predomina refuerzos horizontales):

| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρ_h | ρ_v | ρ_t |
|--------|----------|------------|--------|------|--------|----------|----------|----------------|
| 1 | 0.00 | 0 | 30 | 0.71 | 20 | 0 | 0.0028 | 0.0028>0.0025 |
| 2 | 146.31 | 3/8"(0.71) | 8 | 0 | 30 | 0.0028 | 0 | 0.0028>0.0025 |
| 6 | 138.81 | 3/8"(0.71) | 10 | 0 | 30 | 0.0027 | 0 | 0.0027>0.0025 |
| 8 | 126.87 | 3/8"(0.71) | 12 | 0 | 30 | 0.0027 | 0 | 0.0027>0.0025 |
| 12 | 126.87 | 3/8"(0.71) | 12 | 0 | 30 | 0.0027 | 0 | 0.0027>0.0025 |
| 13 | 90.00 | 3/8"(0.71) | 20 | 0 | 30 | 0.0028 | 0 | 0.0028>0.0025 |
| 14 | 41.63 | 3/8"(0.71) | 10 | 0 | 30 | 0.0027 | 0 | 0.0027>0.0025 |
| 15 | 138.37 | 3/8"(0.71) | 10 | 0 | 30 | 0.0027 | 0 | 0.0027>0.0025 |
| 17 | 90.00 | 3/8"(0.71) | 20 | 0 | 30 | 0.0028 | 0 | 0.0028>0.0025 |
| 20 | 152.10 | 3/8"(0.71) | 8 | 0 | 30 | 0.0025 | 0 | 0.0025>=0.0025 |
| 21 | 131.63 | 3/8"(0.71) | 12 | 0 | 30 | 0.0025 | 0 | 0.0025>=0.0025 |

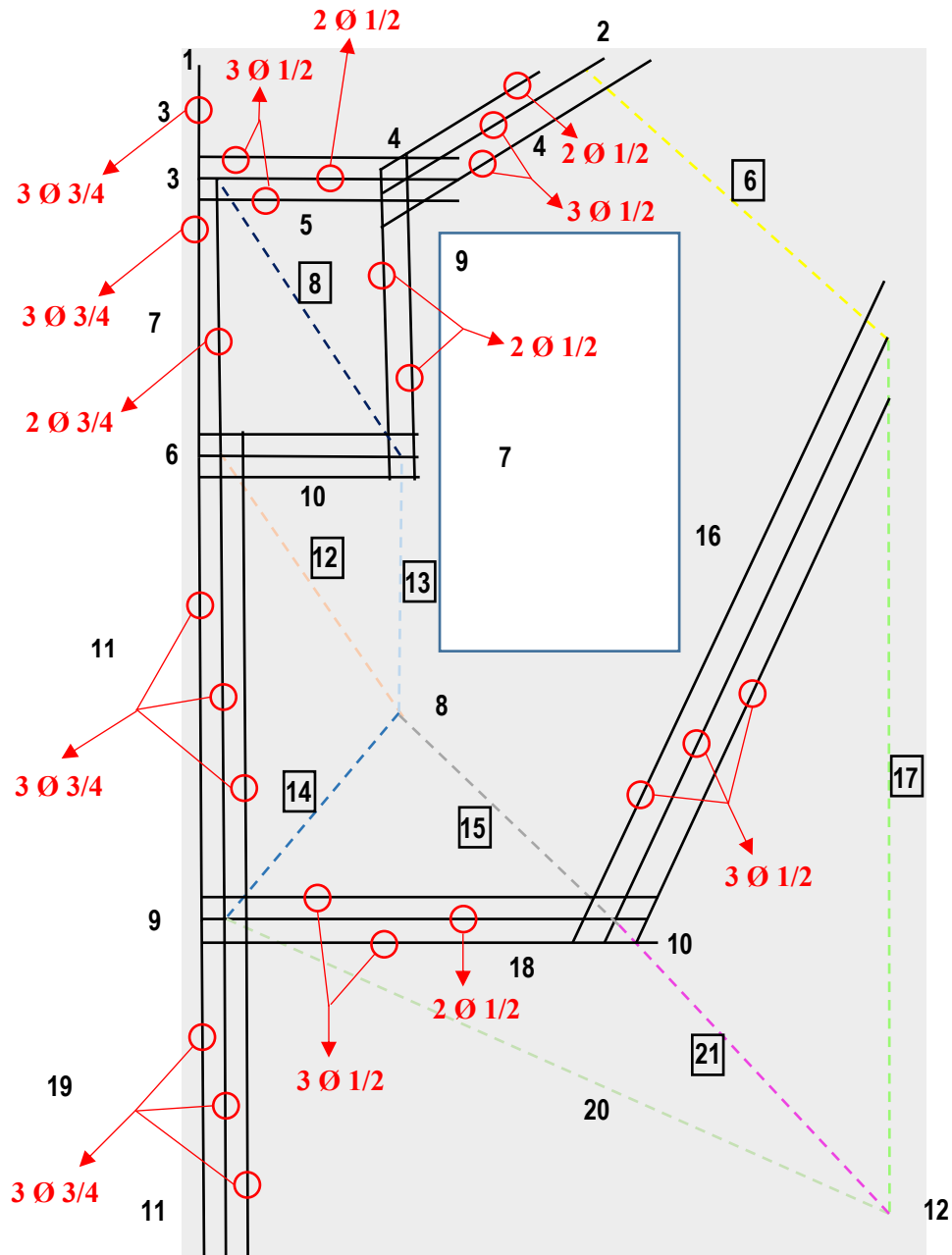
Refuerzo en una sola dirección (Predomina refuerzos verticales):

| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρ_h | ρ_v | ρ_t |
|--------|----------|------------|--------|------------|--------|----------|----------|---------------|
| 1 | 0.00 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 20 | 0 | 0.0028 | 0.0028>0.0025 |
| 2 | 146.31 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 10 | 0 | 0.0034 | 0.0034>0.0025 |
| 6 | 138.81 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 10 | 0 | 0.0030 | 0.0030>0.0025 |
| 8 | 126.87 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 8 | 0 | 0.0030 | 0.0030>0.0025 |
| 12 | 126.87 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 8 | 0 | 0.0030 | 0.0030>0.0025 |
| 13 | 90.00 | 3/8"(0.71) | 20 | 0 | 30 | 0 | 0.0028 | 0.0028>0.0025 |
| 14 | 41.63 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 10 | 0 | 0.0030 | 0.0030>0.0025 |
| 15 | 138.37 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 10 | 0 | 0.0030 | 0.0030>0.0025 |
| 17 | 90.00 | 3/8"(0.71) | 20 | 0 | 30 | 0 | 0.0028 | 0.0028>0.0025 |
| 20 | 152.10 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 10 | 0 | 0.0037 | 0.0037>0.0025 |
| 21 | 131.63 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 10 | 0 | 0.0027 | 0.0027>0.0025 |



J. CONFIGURACION DE REFUERZOS

Los refuerzos se colocarán de la siguiente forma:

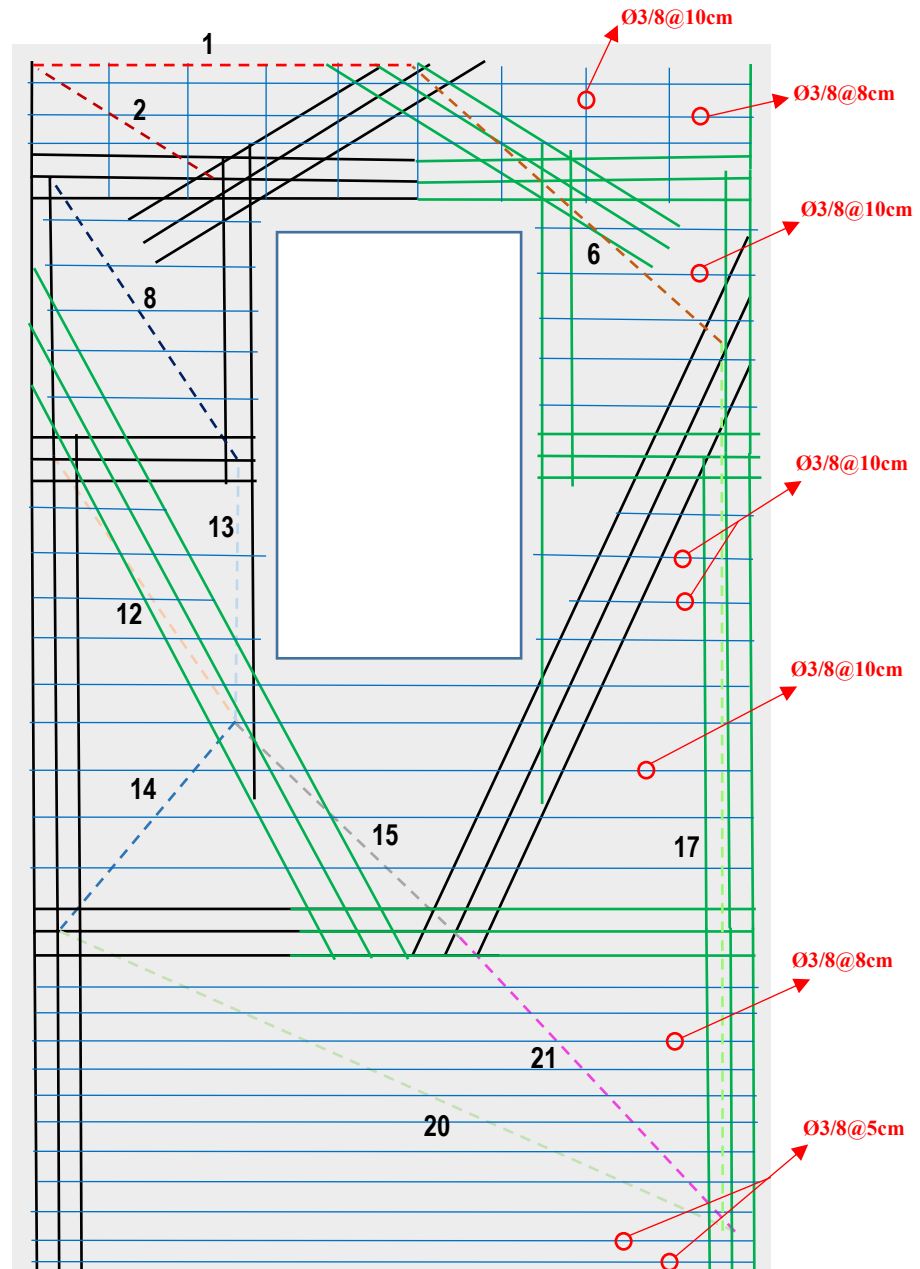


Aplicando simetría a la configuración de los refuerzos a tracción y distribuyendo el acero mínimo tendrá (los espaciamientos serán adecuados para el armado):

| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρ_h | ρ_v | ρ_t |
|--------|----------|------------|--------|------------|--------|----------|----------|---------------|
| 1 | 0.00 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 20 | 0 | 0.0028 | 0.0028>0.0025 |
| 2 | 146.31 | 3/8"(0.71) | 8 | 0 | 30 | 0.0028 | 0 | 0.0028>0.0025 |
| 6 | 138.81 | 3/8"(0.71) | 10 | 0 | 30 | 0.0027 | 0 | 0.0027>0.0025 |



| | | | | | | | | |
|----|--------|------------|--------|---|----|--------|---|----------------|
| 8 | 126.87 | 3/8"(0.71) | 12(10) | 0 | 30 | 0.0027 | 0 | 0.0027>0.0025 |
| 12 | 126.87 | 3/8"(0.71) | 12(10) | 0 | 30 | 0.0027 | 0 | 0.0027>0.0025 |
| 13 | 90.00 | 3/8"(0.71) | 20 | 0 | 30 | 0.0028 | 0 | 0.0028>0.0025 |
| 14 | 41.63 | 3/8"(0.71) | 10 | 0 | 30 | 0.0027 | 0 | 0.0027>0.0025 |
| 15 | 138.37 | 3/8"(0.71) | 10 | 0 | 30 | 0.0027 | 0 | 0.0027>0.0025 |
| 17 | 90.00 | 3/8"(0.71) | 20 | 0 | 30 | 0.0028 | 0 | 0.0028>0.0025 |
| 20 | 152.10 | 3/8"(0.71) | 8 | 0 | 30 | 0.0025 | 0 | 0.0025>=0.0025 |
| 21 | 131.63 | 3/8"(0.71) | 12 | 0 | 30 | 0.0025 | 0 | 0.0025>=0.0025 |



Como podemos observar existen partes donde pareciera que falta reforzar, eso pasa por que en tales lugares hemos planteado cerchas no tan detalladas, sino más bien cerchas muy generales.

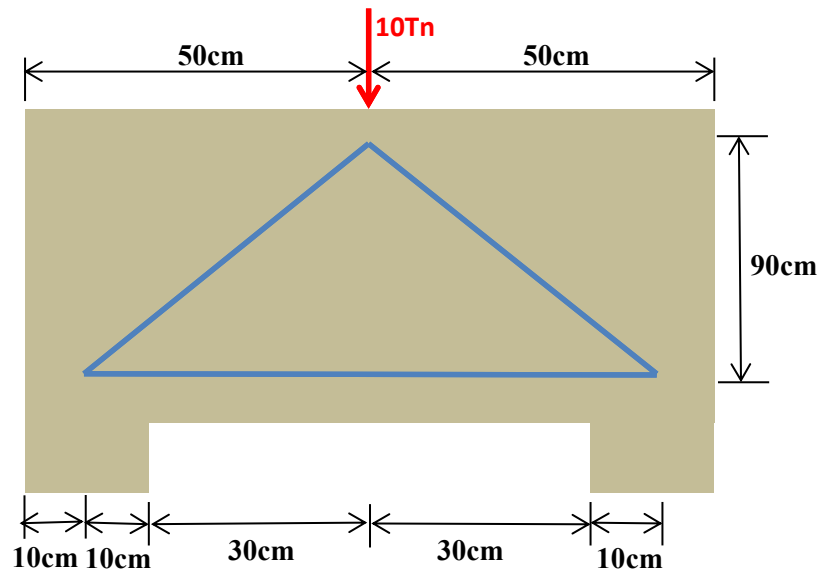


CAPITULO VII:

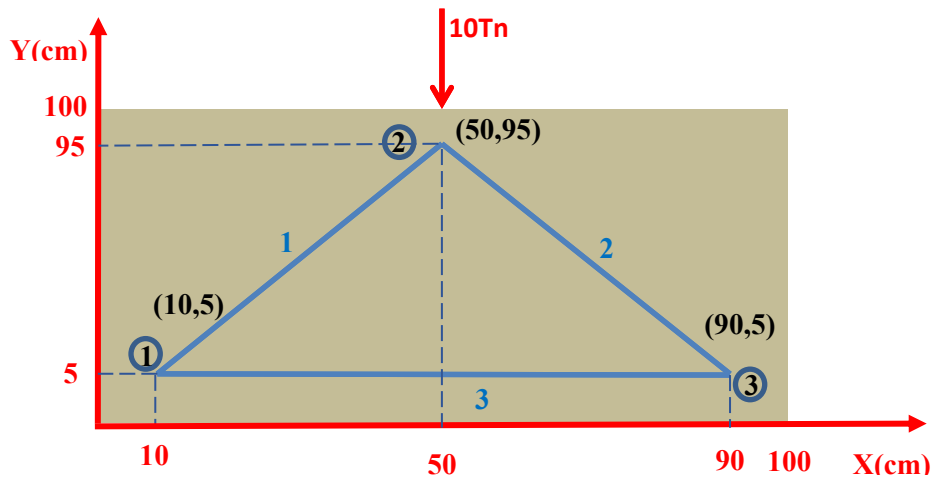
ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

7.1. VIGA DE GRAN ALTURA

Sabemos del capítulo anterior se solucionó una viga de gran altura con el modelo puntal tensor con una geometría muy básica o poco elaborada, debido a que se planteó tal configuración para agilizar los cálculos de manera analítica y matricial, de lo contrario hubiera resultado una gran cantidad de hojas de solución, mostraremos el modelo solucionado en el capítulo anterior:



Solución del modelo desarrollado en capítulos anteriores aplicando el programa.
 $f_c=210\text{kg/cm}^2$ y $b=10\text{cm}$



Geometría de la Región D

| N° | X | Y |
|----|-----|-----|
| 1 | 0 | 100 |
| 2 | 100 | 100 |
| 3 | 100 | 0 |
| 4 | 0 | 0 |



Geometría del Modelo Puntal Tensor.

| N° | X | Y |
|----|----|----|
| 1 | 10 | 5 |
| 2 | 50 | 95 |
| 3 | 90 | 5 |

Triangulación.

| ELEMENTO | Nudo Inicial | Nudo Final |
|----------|--------------|------------|
| 1 | 1 | 2 |
| 2 | 3 | 2 |
| 3 | 3 | 1 |



Fig. 57. Definimos el sistema de unidades y el código – VGA01

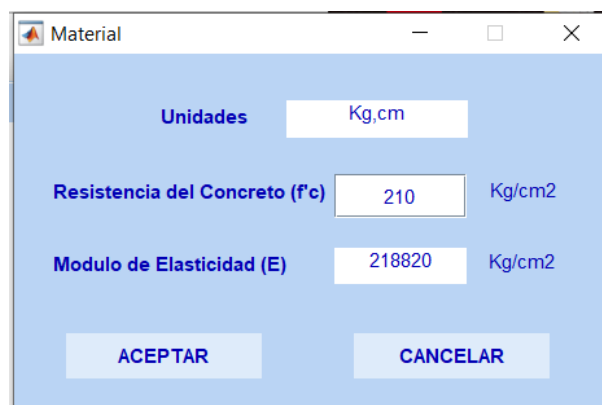


Fig. 58. Definimos la resistencia del concreto - VGA01

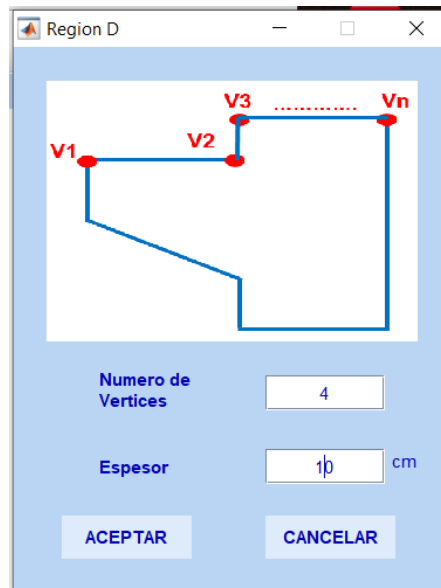


Fig. 59. Definimos la región D – VGA01

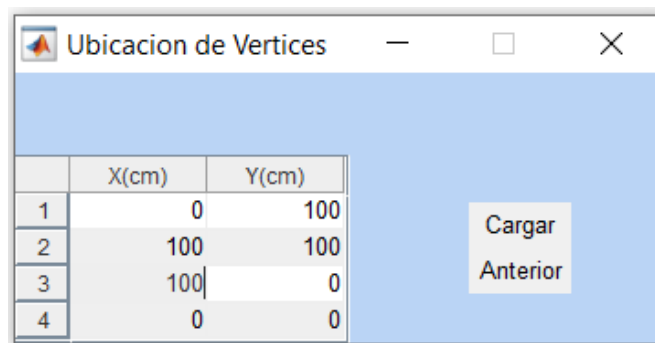


Fig. 60. Definimos las coordenadas de la región D – VGA01

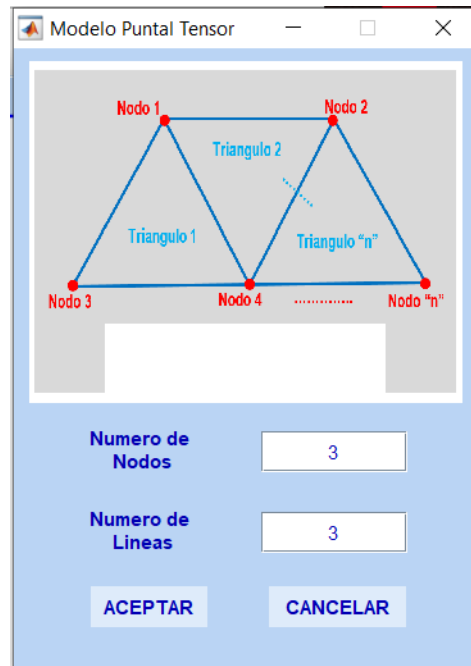


Fig. 61. Definimos el Modelo PT – VGA01

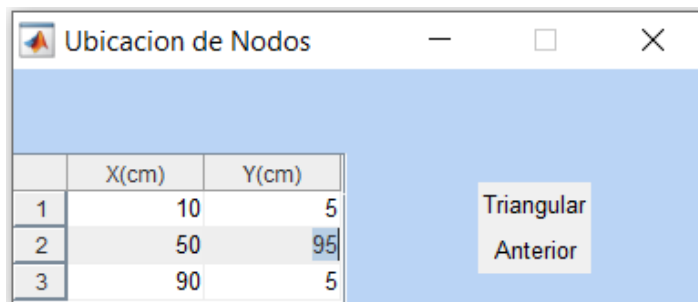


Fig. 62. Coordenadas del Modelo PT – VGA01

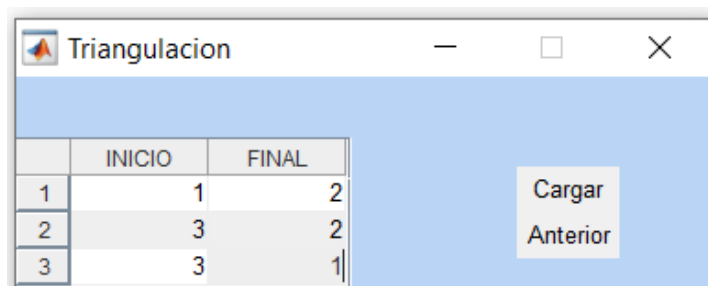


Fig.63. Definimos las barras – VGA01

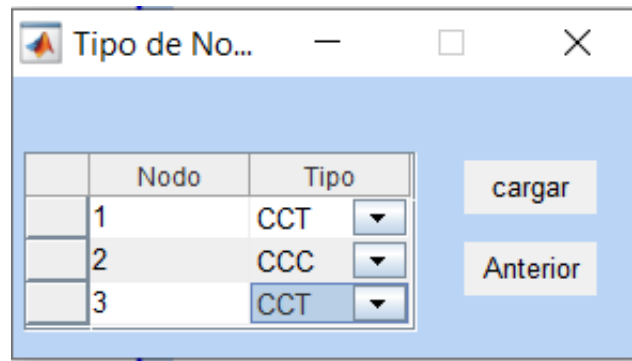


Fig. 64. Definimos el Tipo de Nodo – VGA01

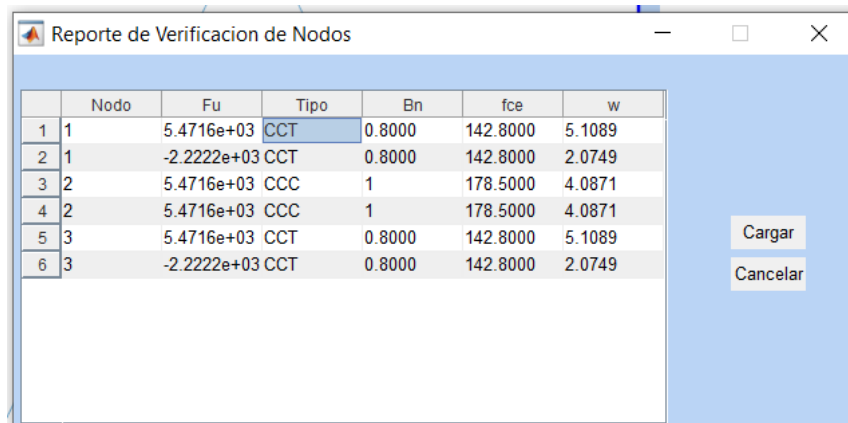


Fig. 65. Anchos efectivos W_n – VGA01

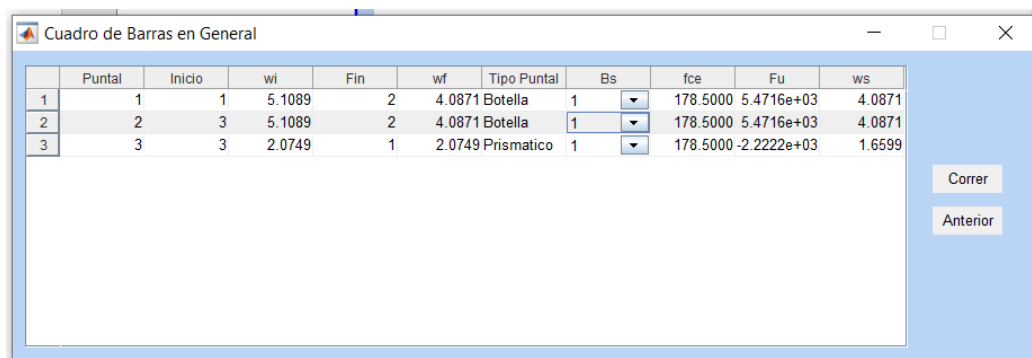
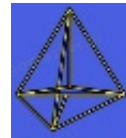


Fig. 66. Anchos efectivos W_s – VGA01



| | Puntal | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo Puntal |
|---|--------|--------|--------|-----|--------|-------------|
| 1 | 1 | 1 | 5.1089 | 2 | 4.0871 | Botella |
| 2 | 2 | 3 | 5.1089 | 2 | 4.0871 | Botella |
| 3 | 3 | 3 | 2.0749 | 1 | 2.0749 | Prisma |

Fig.67. Anchos máximos W_i y W_f – VGA01

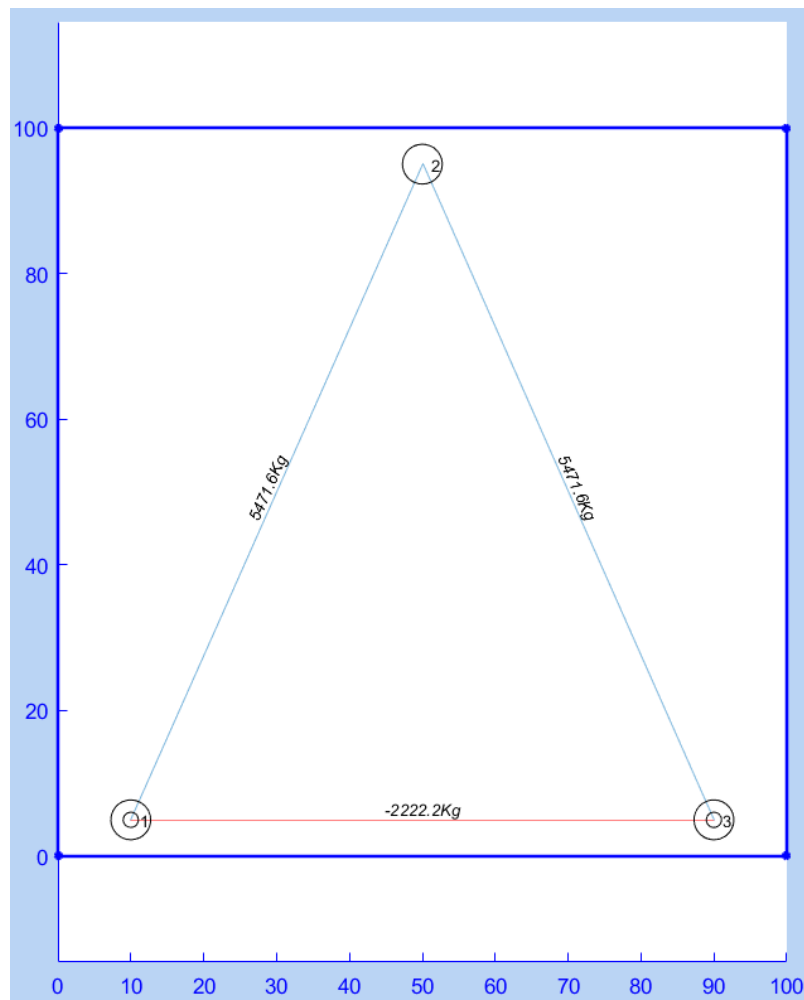


Fig.68. Áreas tensionadas máximas necesarias – VGA01



Calculo de Refuerzo en Tensores

| | N° Barra | Tu | phi | fy | Ats | Diametro | Abarra | N° barras |
|---|----------|-------------|--------|------|--------|----------|--------|-----------|
| 1 | 3 | -2.2222e+03 | 0.7500 | 4200 | 0.7055 | 3/8 | 0.7126 | 1 |

cargar
Anterior

Fig.69. Acero en Tensores – VGA01

Acero Minimo Contra la Fisuracion

| | N° Barra | Angulo | Ah | S1 | Av | S2 | ph | pv | pt | Observacion |
|---|----------|----------|----|----|-----|----|----|--------|--------|-------------|
| 1 | 1 | 1.1526 0 | | 30 | 3/8 | 16 | 0 | 0.0027 | 0.0027 | - |
| 2 | 2 | 1.9890 0 | | 30 | 3/8 | 16 | 0 | 0.0027 | 0.0027 | - |

cargar
Cancelar

Fig.70. Acero Mínimo – VGA01

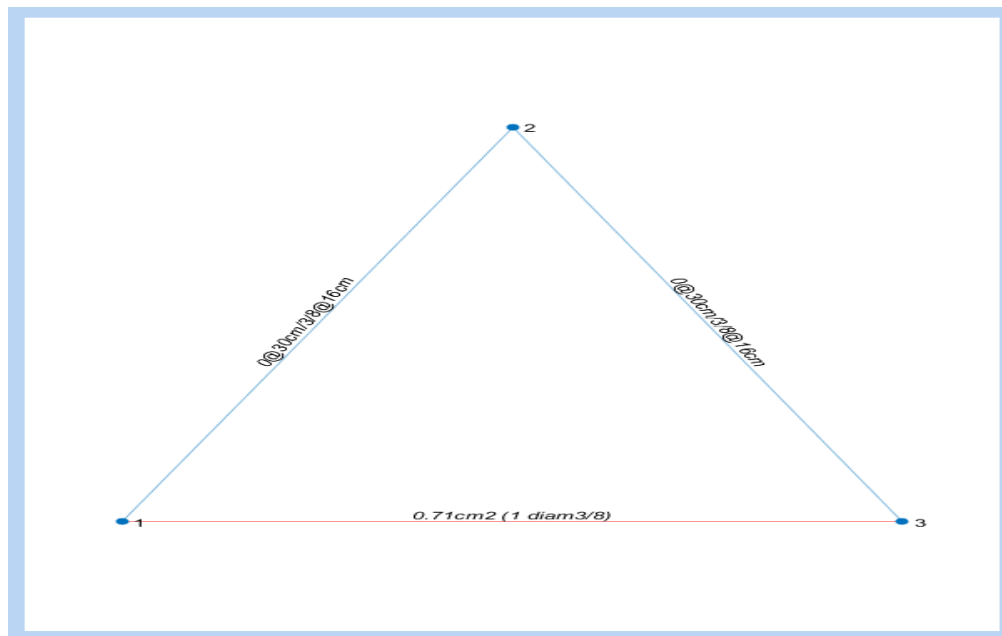


Fig.71. Refuerzo en cada elemento – VGA01

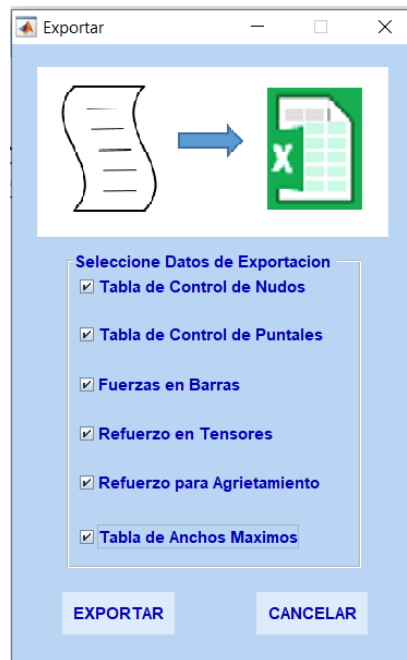
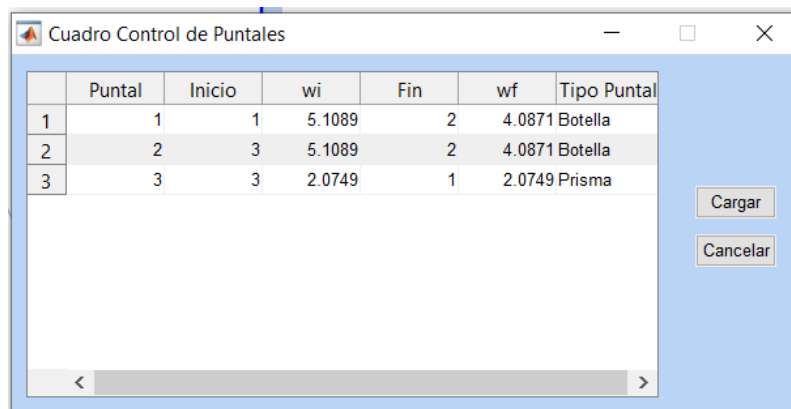


Fig.72. Exportación de la data – VGA01

Finalmente podemos observar que los valores obtenidos aplicando el programa AmDIS ESTRUCTURAL son iguales a los obtenidos del procedimiento analítico y matricial para el caso de la VIGA DE GRAN ALTURA, sea en el análisis, anchos efectivos y la cuantía del refuerzo.

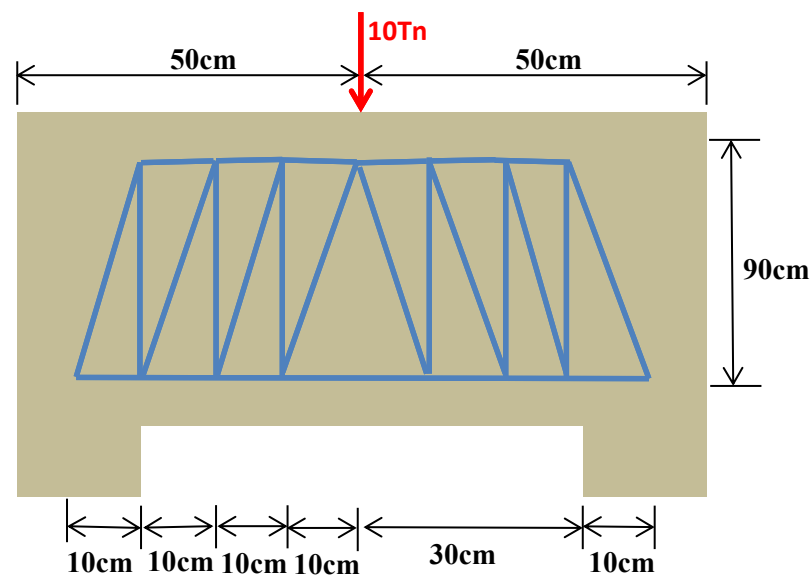
| BARRA | INICIO | Wi (cm) | FIN | Wf(cm) | TIPO | COLOR |
|-------|--------|---------|-----|--------|------------|-------|
| 1 | 1 | 5.11 | 2 | 4.09 | Botella | Rojo |
| 2 | 1 | 2.08 | 3 | 2.08 | Prismático | Verde |
| 3 | 2 | 4.09 | 3 | 5.11 | Botella | Azul |



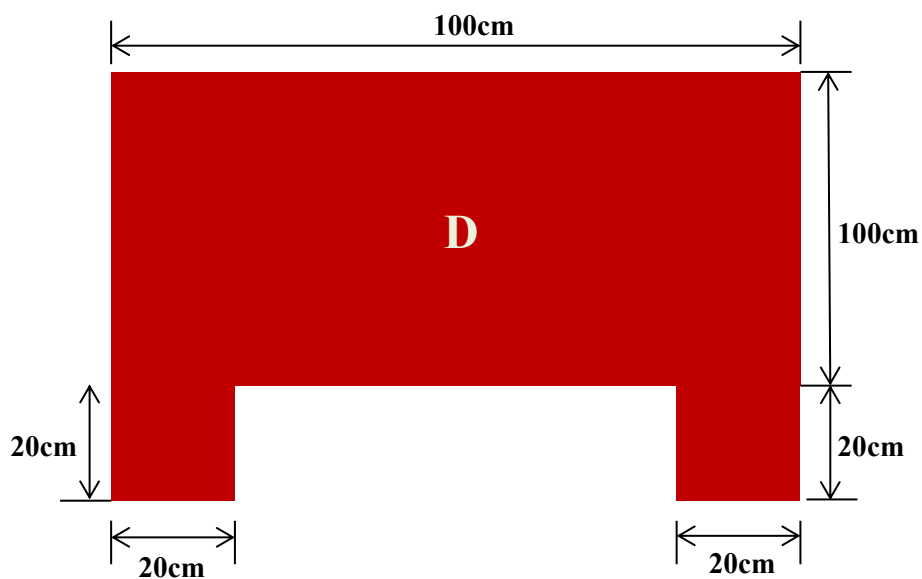


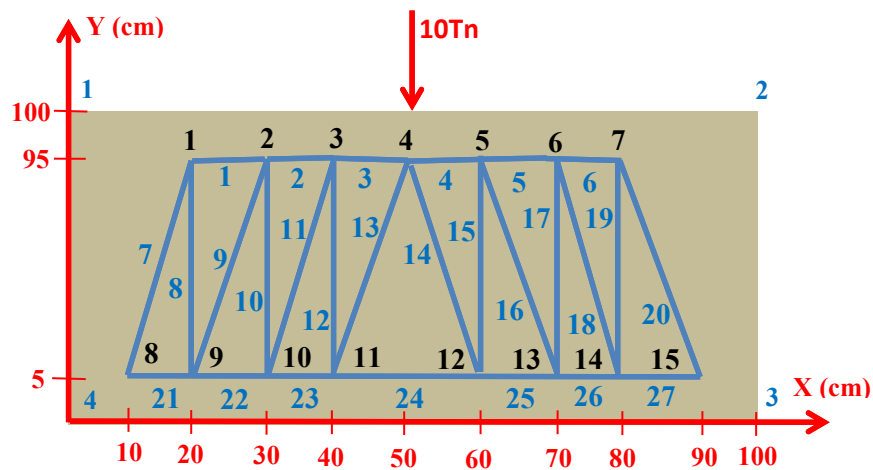
CASO PARA ANALISIS:

Bueno la ventaja de disponer un programa para hacer diseño con el modelo puntal-tensor, es solucionar de manera rápida y a su vez poder plantear geometrías o configuraciones más elaboradas para optimizar el diseño en cada una de las partes de la región de discontinuidad. A continuación, plantearemos un segundo modelo con una configuración más elaborada.



Solución del modelo aplicando el programa AmDIS ESTRUCTURAL. Características iniciales: $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $b=10\text{cm}$





Geometría de la Región D

| N° | X | Y |
|----|-----|-----|
| 1 | 0 | 100 |
| 2 | 100 | 100 |
| 3 | 100 | 0 |
| 4 | 0 | 0 |

Geometría del Modelo Puntal Tensor

| N° | X | Y |
|----|----|----|
| 1 | 20 | 95 |
| 2 | 30 | 95 |
| 3 | 40 | 95 |
| 4 | 50 | 95 |
| 5 | 60 | 95 |
| 6 | 70 | 95 |
| 7 | 80 | 95 |
| 8 | 10 | 5 |
| 9 | 20 | 5 |
| 10 | 30 | 5 |
| 11 | 40 | 5 |
| 12 | 60 | 5 |
| 13 | 70 | 5 |



| | | |
|----|----|---|
| 14 | 80 | 5 |
| 15 | 90 | 5 |

Triangulación

| Elemento | Nudo Inicial | Nudo Final |
|----------|--------------|------------|
| 1 | 1 | 2 |
| 2 | 2 | 3 |
| 3 | 3 | 4 |
| 4 | 4 | 5 |
| 5 | 5 | 6 |
| 6 | 6 | 7 |
| 7 | 8 | 1 |
| 8 | 9 | 1 |
| 9 | 9 | 2 |
| 10 | 10 | 2 |
| 11 | 10 | 3 |
| 12 | 11 | 3 |
| 13 | 11 | 4 |
| 14 | 12 | 4 |
| 15 | 12 | 5 |
| 16 | 13 | 5 |
| 17 | 13 | 6 |
| 18 | 14 | 6 |
| 19 | 14 | 7 |
| 20 | 15 | 7 |
| 21 | 9 | 8 |
| 22 | 10 | 9 |
| 23 | 11 | 10 |
| 24 | 12 | 11 |
| 25 | 13 | 12 |
| 26 | 14 | 13 |
| 27 | 15 | 14 |





Los pasos anteriores a la imagen mostrada a continuación son similares al caso para la Viga de Gran Altura N°01 (VGA01)

Reporte de Verificacion de Nodos

| | Nodo | Fu | Tipo | Bn | fce | w |
|----|------|-------------|------|--------|----------|--------|
| 1 | 1 | 555.5556 | CCT | 0.8000 | 142.8000 | 0.5187 |
| 2 | 1 | 5.0308e+03 | CCT | 0.8000 | 142.8000 | 4.6973 |
| 3 | 1 | -5.0000e+03 | CCT | 0.8000 | 142.8000 | 4.6685 |
| 4 | 2 | 555.5556 | CCT | 0.8000 | 142.8000 | 0.5187 |
| 5 | 2 | 1.1111e+03 | CCT | 0.8000 | 142.8000 | 1.0375 |
| 6 | 2 | 5.0308e+03 | CCT | 0.8000 | 142.8000 | 4.6973 |
| 7 | 2 | -5.0000e+03 | CCT | 0.8000 | 142.8000 | 4.6685 |
| 8 | 3 | 1.1111e+03 | CCT | 0.8000 | 142.8000 | 1.0375 |
| 9 | 3 | 1.6667e+03 | CCT | 0.8000 | 142.8000 | 1.5562 |
| 10 | 3 | 5.0308e+03 | CCT | 0.8000 | 142.8000 | 4.6973 |
| 11 | 3 | -5.0000 | CCT | 0.8000 | 142.8000 | 4.6685 |

Cargar
Cancelar

Fig.73. Anchos efectivos W_n – VGA02

Cuadro de Barras en General

| | Puntal | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo Puntal | Bs | fce | Fu | ws |
|----|--------|--------|--------|-----|--------|-------------|--------|----------|-------------|------|
| 1 | 1 | 1 | 0.5187 | 2 | 0.5187 | Prismatico | 1 | 178.5000 | 555.5556 | 0.41 |
| 2 | 2 | 2 | 1.0375 | 3 | 1.0375 | Prismatico | 1 | 178.5000 | 1.1111e+03 | 0.83 |
| 3 | 3 | 3 | 1.5562 | 4 | 1.2449 | Botella | 1 | 178.5000 | 1.6667e+03 | 1.24 |
| 4 | 4 | 4 | 1.2449 | 5 | 1.5562 | Botella | 1 | 178.5000 | 1.6667e+03 | 1.24 |
| 5 | 5 | 5 | 1.0375 | 6 | 1.0375 | Prismatico | 1 | 178.5000 | 1.1111e+03 | 0.83 |
| 6 | 6 | 6 | 0.5187 | 7 | 0.5187 | Prismatico | 1 | 178.5000 | 555.5556 | 0.41 |
| 7 | 7 | 8 | 4.6973 | 1 | 4.6973 | Prismatico | 1 | 178.5000 | 5.0308e+03 | 3.75 |
| 8 | 8 | 9 | 6.2247 | 1 | 4.6685 | Botella | 0.7500 | 133.8750 | -5.0000e+03 | 4.97 |
| 9 | 9 | 9 | 6.2630 | 2 | 4.6973 | Botella | 0.7500 | 133.8750 | 5.0308e+03 | 5.01 |
| 10 | 10 | 10 | 6.2247 | 2 | 4.6685 | Botella | 0.7500 | 133.8750 | -5.0000e+03 | 4.97 |
| 11 | 11 | 10 | 6.2630 | 3 | 4.6973 | Botella | 0.7500 | 133.8750 | 5.0308e+03 | 5.01 |

Correr
Anterior

Fig. 74. Anchos efectivos W_s – VGA02

Cuadro Control de Puntales

| | Puntal | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo Puntal |
|----|--------|--------|--------|-----|--------|-------------|
| 1 | 1 | 1 | 0.5187 | 2 | 0.5187 | Prisma |
| 2 | 2 | 2 | 1.0375 | 3 | 1.0375 | Prisma |
| 3 | 3 | 3 | 1.5562 | 4 | 1.2449 | Botella |
| 4 | 4 | 4 | 1.2449 | 5 | 1.5562 | Botella |
| 5 | 5 | 5 | 1.0375 | 6 | 1.0375 | Prisma |
| 6 | 6 | 6 | 0.5187 | 7 | 0.5187 | Prisma |
| 7 | 7 | 8 | 4.6973 | 1 | 4.6973 | Prisma |
| 8 | 8 | 9 | 6.2247 | 1 | 4.9798 | Botella |
| 9 | 9 | 9 | 6.2630 | 2 | 5.0104 | Botella |
| 10 | 10 | 10 | 6.2247 | 2 | 4.9798 | Botella |
| 11 | 11 | 10 | 6.2630 | 3 | 5.0104 | Botella |

Cargar
Cancelar

Fig.75. Anchos máximos W_i y W_f – VGA02

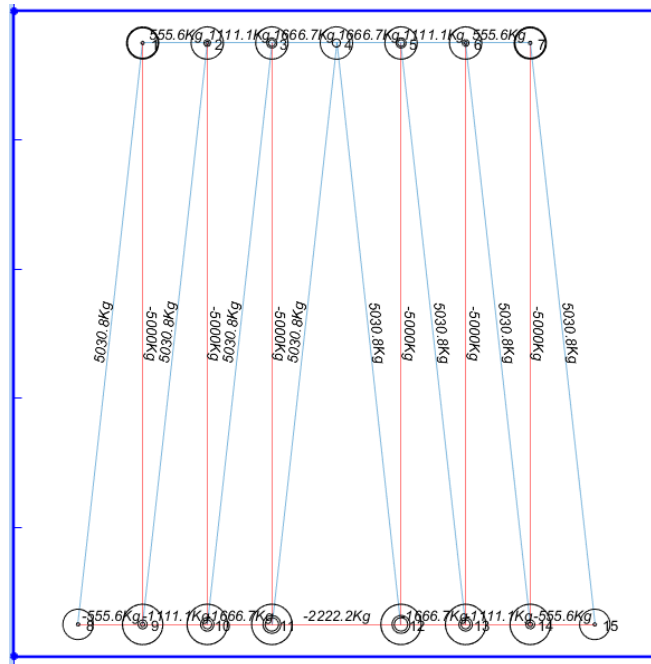


Fig.76. Zonas tensionadas máximas necesarias – VGA02

Calculo de Refuerzo en Tensores

| N° Barra | Tu | phi | fy | Ats | Diametro | Abarra | N°barras |
|----------|----|-------------|--------|------|------------|--------|----------|
| 1 | 8 | -5.0000e+03 | 0.7500 | 4200 | 1.5873 3/8 | | 0.7126 |
| 2 | 10 | -5.0000e+03 | 0.7500 | 4200 | 1.5873 3/8 | | 0.7126 |
| 3 | 12 | -5000 | 0.7500 | 4200 | 1.5873 3/8 | | 0.7126 |
| 4 | 15 | -5000 | 0.7500 | 4200 | 1.5873 3/8 | | 0.7126 |
| 5 | 17 | -5.0000e+03 | 0.7500 | 4200 | 1.5873 3/8 | | 0.7126 |
| 6 | 19 | -5.0000e+03 | 0.7500 | 4200 | 1.5873 3/8 | | 0.7126 |
| 7 | 21 | -555.5556 | 0.7500 | 4200 | 0.1764 3/8 | | 0.7126 |
| 8 | 22 | -1.1111e+03 | 0.7500 | 4200 | 0.3527 3/8 | | 0.7126 |
| 9 | 23 | -1.6667e+03 | 0.7500 | 4200 | 0.5291 3/8 | | 0.7126 |
| 10 | 24 | -2.2222e+03 | 0.7500 | 4200 | 0.7055 3/8 | | 0.7126 |
| 11 | 25 | -1.6667e+03 | 0.7500 | 4200 | 0.5291 3/8 | | 0.7126 |

cargar Anterior

Fig.77. Refuerzo en tensores – VGA02

Acero Mínimo Contra la Fisuración

| N° Barra | Angulo | Ah | S1 | Av | S2 | ph | pv | pt | Observaci |
|----------|--------|------------|--------|----|----|--------|--------|--------|-----------|
| 1 | 1 | 0 0 | 30 3/8 | 30 | 30 | 0 | 0.0048 | 0.0048 | - |
| 2 | 2 | 0 0 | 30 3/8 | 30 | 30 | 0 | 0.0048 | 0.0048 | - |
| 3 | 3 | 0 0 | 30 3/8 | 30 | 30 | 0 | 0.0048 | 0.0048 | - |
| 4 | 4 | 0 0 | 30 3/8 | 30 | 30 | 0 | 0.0048 | 0.0048 | - |
| 5 | 5 | 0 0 | 30 3/8 | 30 | 30 | 0 | 0.0048 | 0.0048 | - |
| 6 | 6 | 0 0 | 30 3/8 | 30 | 30 | 0 | 0.0048 | 0.0048 | - |
| 7 | 7 | 1.4601 3/8 | 30 0 | 30 | 30 | 0.0043 | 0 | 0.0043 | - |
| 8 | 9 | 1.4601 3/8 | 30 0 | 30 | 30 | 0.0043 | 0 | 0.0043 | - |
| 9 | 11 | 1.4601 3/8 | 30 0 | 30 | 30 | 0.0043 | 0 | 0.0043 | - |
| 10 | 13 | 1.4601 3/8 | 30 0 | 30 | 30 | 0.0043 | 0 | 0.0043 | - |
| 11 | 14 | 1.6815 3/8 | 30 0 | 30 | 30 | 0.0043 | 0 | 0.0043 | - |

cargar Cancelar

Fig.78. Acero Mínimo – VGA02

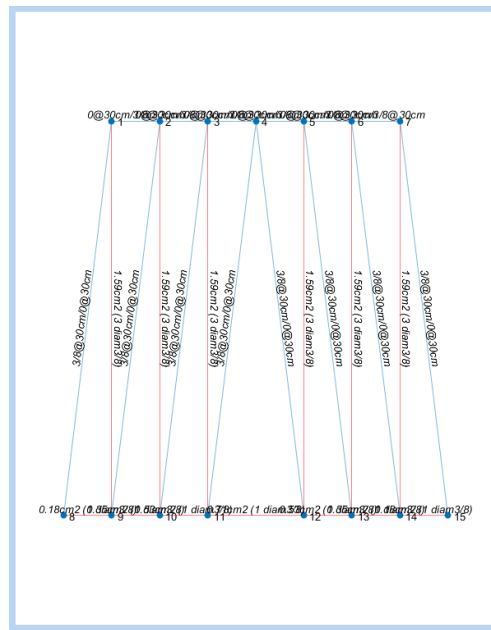


Fig.79. Refuerzo en cada elemento – VGA02

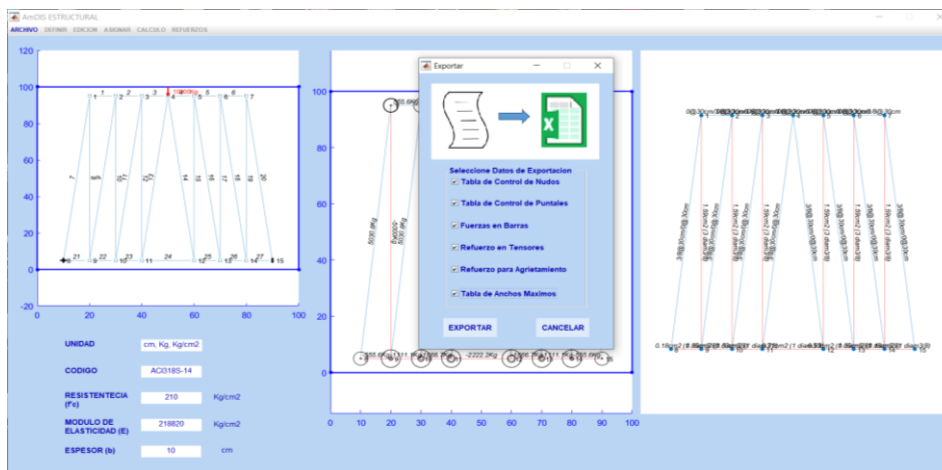


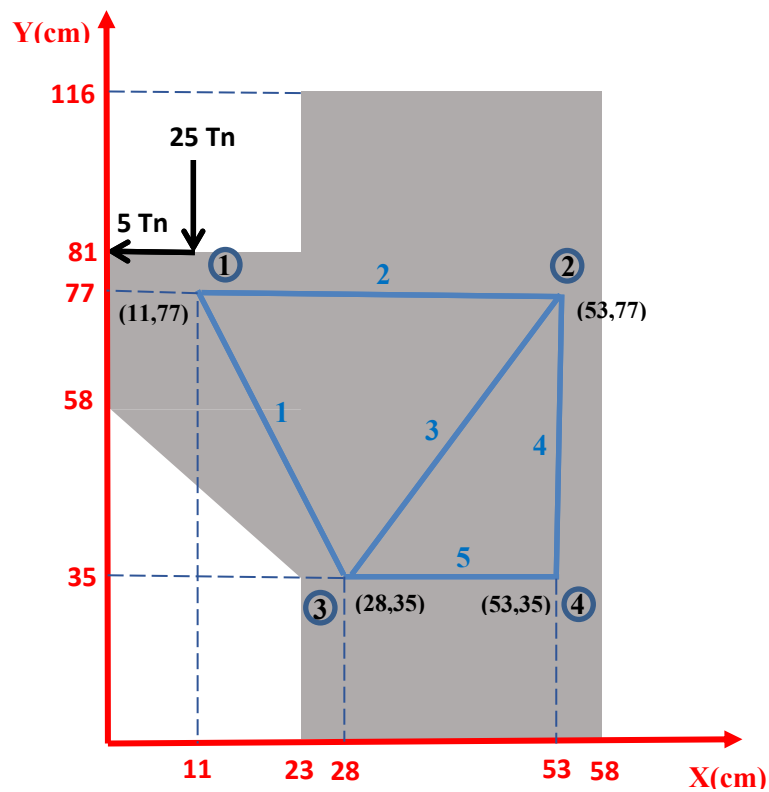
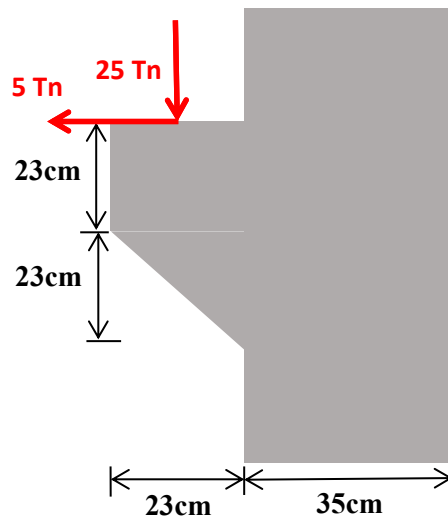
Fig.80. Exportación en formato Excel de la Data – VGA02

El detallar mejor la triangulación, nos ayuda a obtener con más precisión la cantidad de refuerzo en cada parte de la VGA02.



7.2. MENSULA

En el capítulo anterior se solucionó la ménsula solo considerando las solicitaciones de una viga apoyada en la cartela, a continuación, presentamos el modelo solucionado ($b=30\text{cm}$ y $f_c=350\text{kg/cm}^2$)





Solución del modelo desarrollado en capítulos anteriores aplicando el programa. $b=30\text{cm}$ y $f_c=350\text{kg/cm}^2$

Geometría de la Región D

| N° | X | Y |
|----|----|-----|
| 1 | 23 | 116 |
| 2 | 58 | 116 |
| 3 | 58 | 0 |
| 4 | 23 | 0 |
| 5 | 23 | 35 |
| 6 | 0 | 58 |
| 7 | 0 | 81 |
| 8 | 23 | 81 |

Geometría del Modelo Puntal Tensor

| N° | X | Y |
|----|----|----|
| 1 | 11 | 77 |
| 2 | 53 | 77 |
| 3 | 28 | 35 |
| 4 | 53 | 35 |

Triangulación

| ELEMENTO | Nudo Inicial | Nudo Final |
|----------|--------------|------------|
| 1 | 1 | 3 |
| 2 | 1 | 2 |
| 3 | 3 | 2 |
| 4 | 2 | 4 |
| 5 | 3 | 4 |

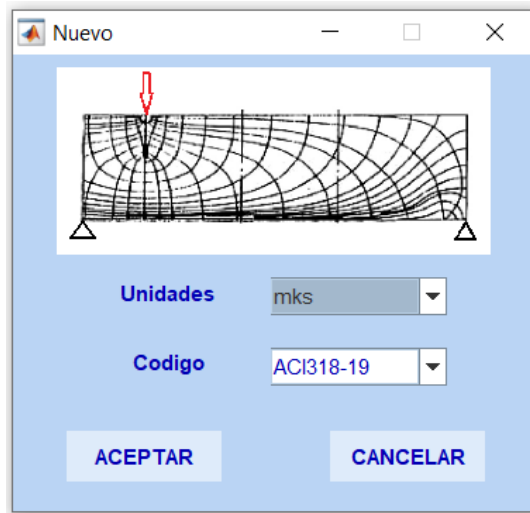


Fig.81. Definimos el sistema de unidades y código – MS01

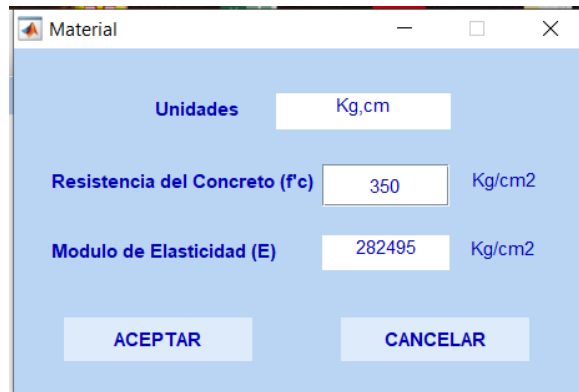


Fig.82. Resistencia del Concreto – MS01

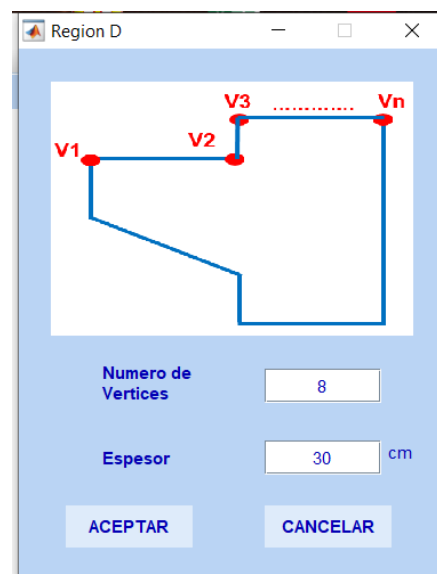


Fig.83. Numero de vértices de la región D – MS01



Ubicacion de Vertices

| | X(cm) | Y(cm) |
|---|-------|-------|
| 1 | 23 | 116 |
| 2 | 58 | 116 |
| 3 | 58 | 0 |
| 4 | 23 | 0 |
| 5 | 23 | 35 |
| 6 | 0 | 58 |
| 7 | 0 | 81 |
| 8 | 23 | 81 |

Cargar Anterior

Fig.84. Coordenadas de la región D – MS01

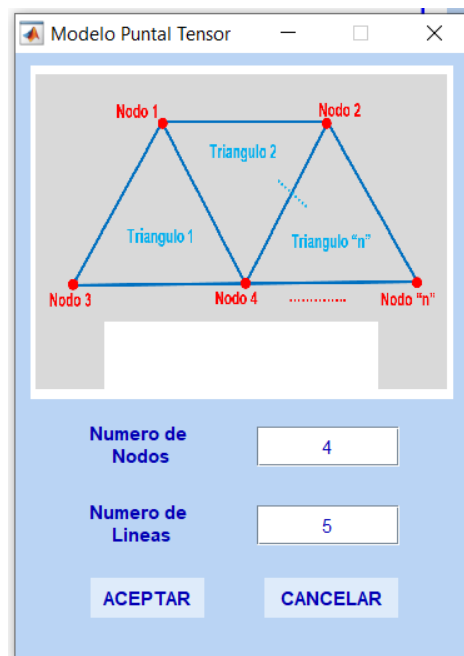


Fig.85. Numero de vértices del modelo PT – MS01

Ubicacion de Nodos

| | X(cm) | Y(cm) |
|---|-------|-------|
| 1 | 11 | 77 |
| 2 | 53 | 77 |
| 3 | 28 | 35 |
| 4 | 53 | 35 |

Triangular Anterior

Fig.86. Coordenadas del modelo PT – MS01

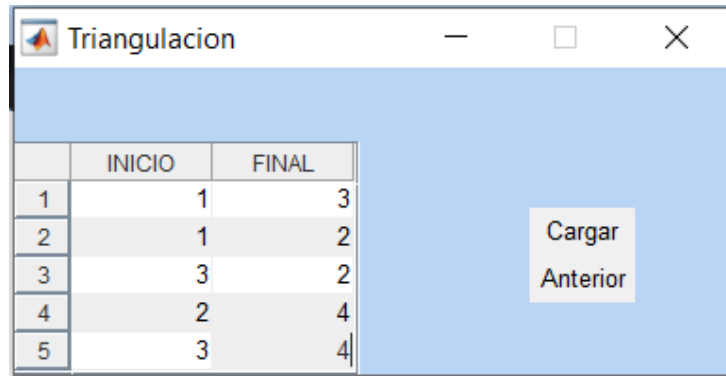


Fig.87. Definimos las barras del modelo PT – MS01

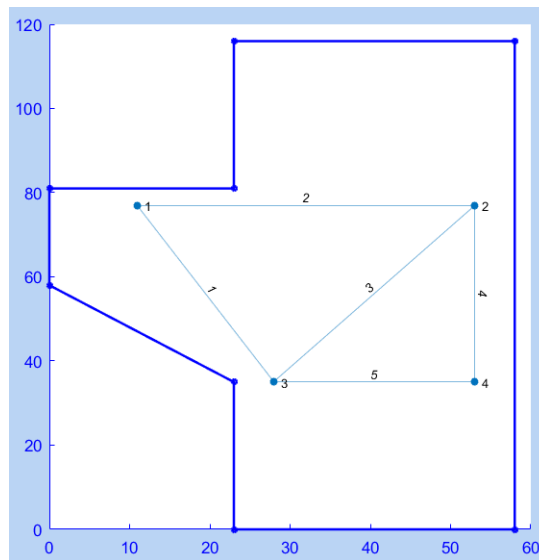


Fig.88. Modelo PT – MS01

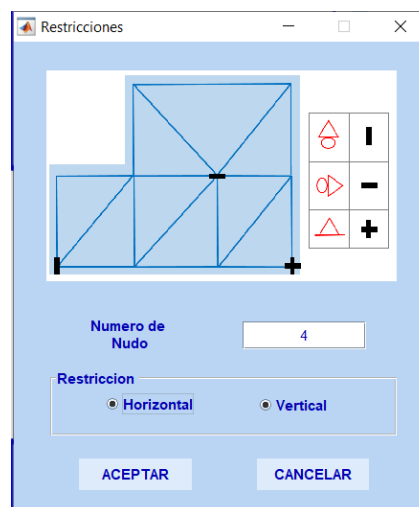


Fig.89. Restricción en el nodo 04 – MS01

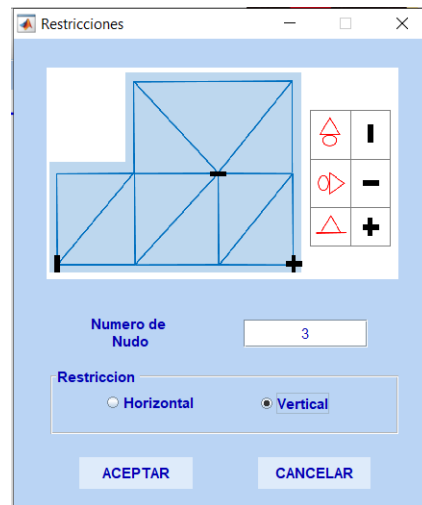


Fig.90. Restricción en el nodo 03 – MS01

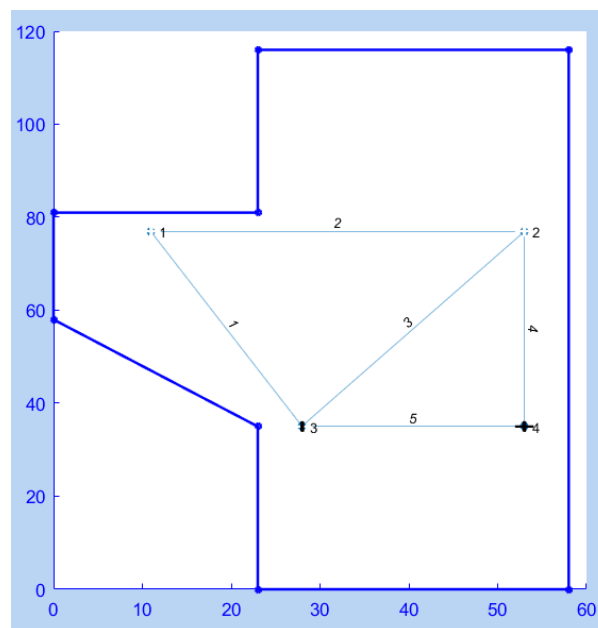


Fig.91. Restricciones en el modelo PT – MS01

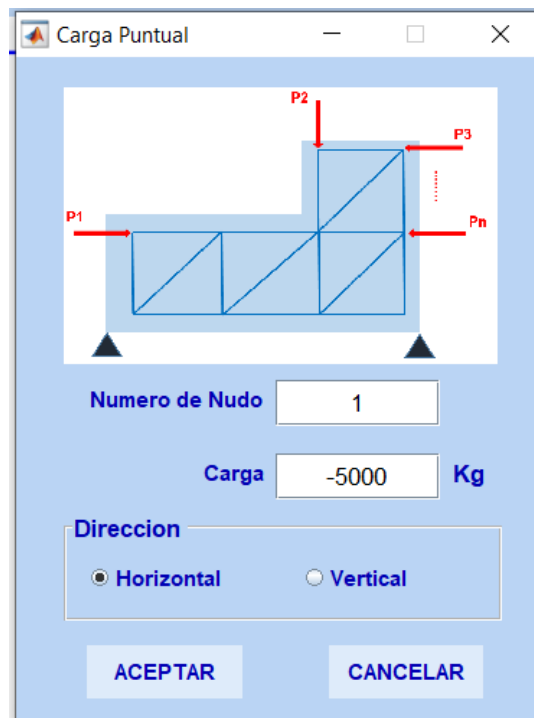


Fig.92. Fuerza horizontal en nudo 01 – MS01

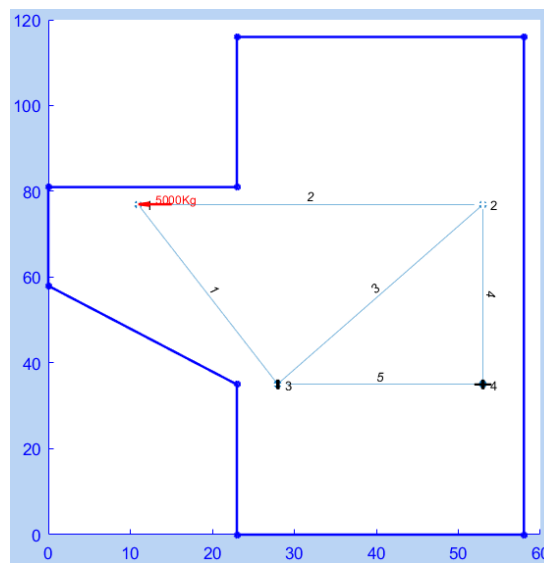


Fig.93. Fuerza horizontal – MS01

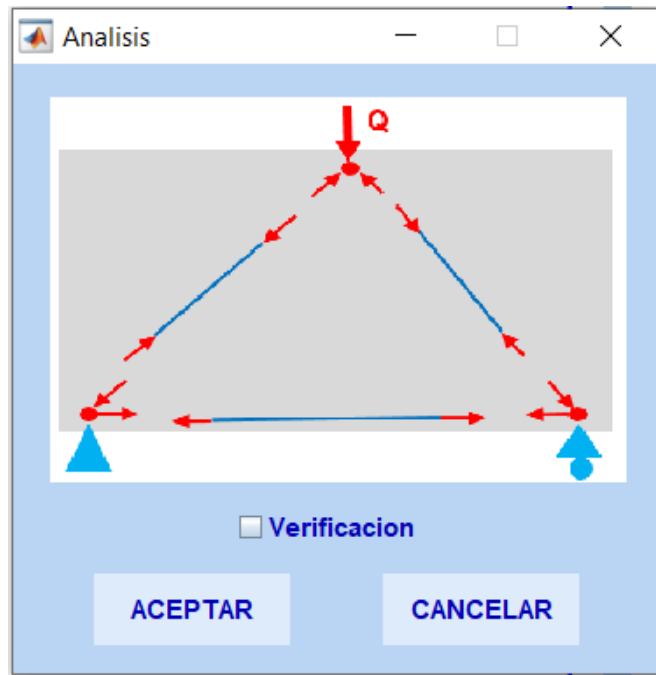


Fig.96. Análisis de la cercha – MS01

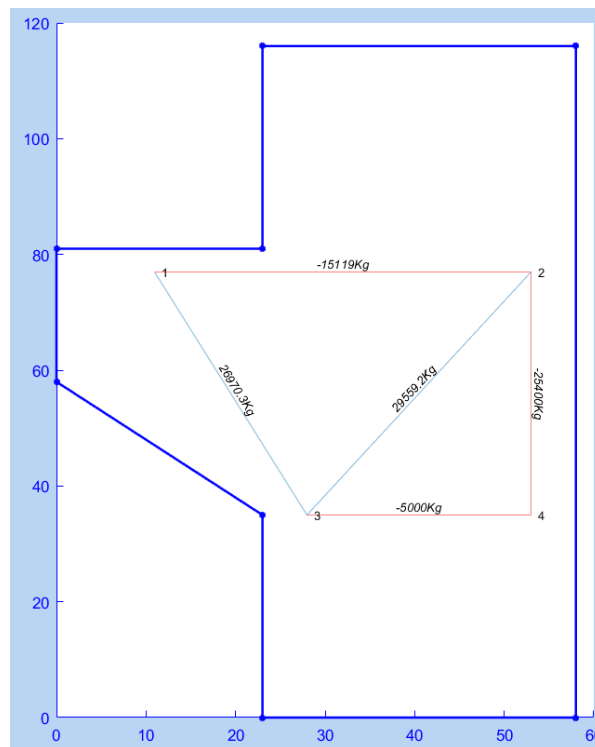
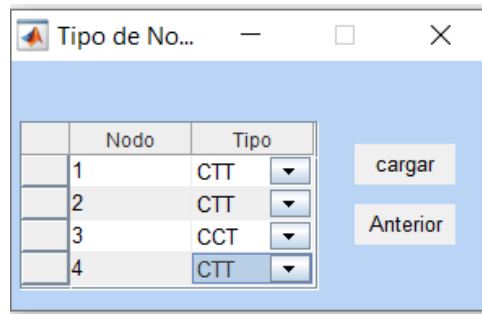


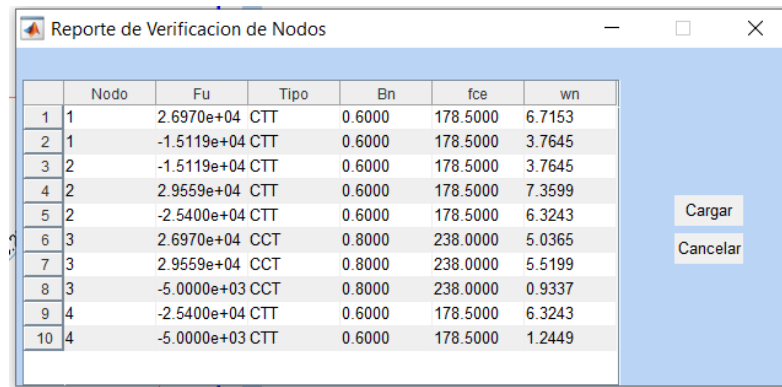
Fig.97. Resultado del análisis – MS01

| | Nodo | Tipo |
|--|------|------|
| | 1 | CTT |
| | 2 | CTT |
| | 3 | CCT |
| | 4 | CTT |

Buttons: cargar, Anterior

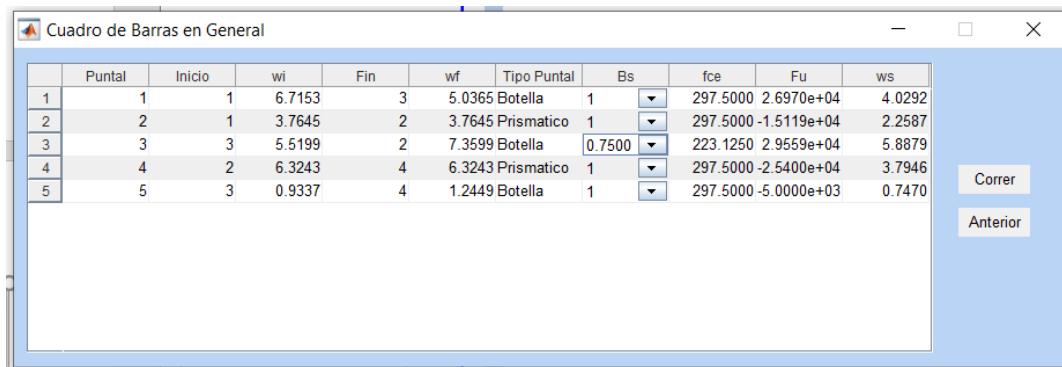
Fig.98. Tipo de Nodo – MS01



| | Nodo | Fu | Tipo | Bn | fce | wn |
|----|------|-------------|------|--------|----------|--------|
| 1 | 1 | 2.6970e+04 | CTT | 0.6000 | 178.5000 | 6.7153 |
| 2 | 1 | -1.5119e+04 | CTT | 0.6000 | 178.5000 | 3.7645 |
| 3 | 2 | -1.5119e+04 | CTT | 0.6000 | 178.5000 | 3.7645 |
| 4 | 2 | 2.9559e+04 | CTT | 0.6000 | 178.5000 | 7.3599 |
| 5 | 2 | -2.5400e+04 | CTT | 0.6000 | 178.5000 | 6.3243 |
| 6 | 3 | 2.6970e+04 | CCT | 0.8000 | 238.0000 | 5.0365 |
| 7 | 3 | 2.9559e+04 | CCT | 0.8000 | 238.0000 | 5.5199 |
| 8 | 3 | -5.0000e+03 | CCT | 0.8000 | 238.0000 | 0.9337 |
| 9 | 4 | -2.5400e+04 | CTT | 0.6000 | 178.5000 | 6.3243 |
| 10 | 4 | -5.0000e+03 | CTT | 0.6000 | 178.5000 | 1.2449 |

Buttons: Cargar, Cancelar

Fig.99. Ancho efectivo Wn – MS01



| | Puntal | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo Puntal | Bs | fce | Fu | ws |
|---|--------|--------|--------|-----|--------|-------------|--------|----------|-------------|--------|
| 1 | 1 | 1 | 6.7153 | 3 | 5.0365 | Botella | 1 | 297.5000 | 2.6970e+04 | 4.0292 |
| 2 | 2 | 1 | 3.7645 | 2 | 3.7645 | Prismatico | 1 | 297.5000 | -1.5119e+04 | 2.2587 |
| 3 | 3 | 3 | 5.5199 | 2 | 7.3599 | Botella | 0.7500 | 223.1250 | 2.9559e+04 | 5.8879 |
| 4 | 4 | 2 | 6.3243 | 4 | 6.3243 | Prismatico | 1 | 297.5000 | -2.5400e+04 | 3.7946 |
| 5 | 5 | 3 | 0.9337 | 4 | 1.2449 | Botella | 1 | 297.5000 | -5.0000e+03 | 0.7470 |

Buttons: Correr, Anterior

Fig.100. Ancho efectivo Ws – MS01



Cuadro Control de Puntales

| | Puntal | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo Puntal |
|---|--------|--------|--------|-----|--------|-------------|
| 1 | 1 | 1 | 6.7153 | 3 | 5.0365 | Botella |
| 2 | 2 | 1 | 3.7645 | 2 | 3.7645 | Prisma |
| 3 | 3 | 3 | 5.8879 | 2 | 7.3599 | Botella |
| 4 | 4 | 2 | 6.3243 | 4 | 6.3243 | Prisma |
| 5 | 5 | 3 | 0.9337 | 4 | 1.2449 | Botella |

Cargar
Cancelar

Fig.101. Anchos máximos w_i y w_f – MS01

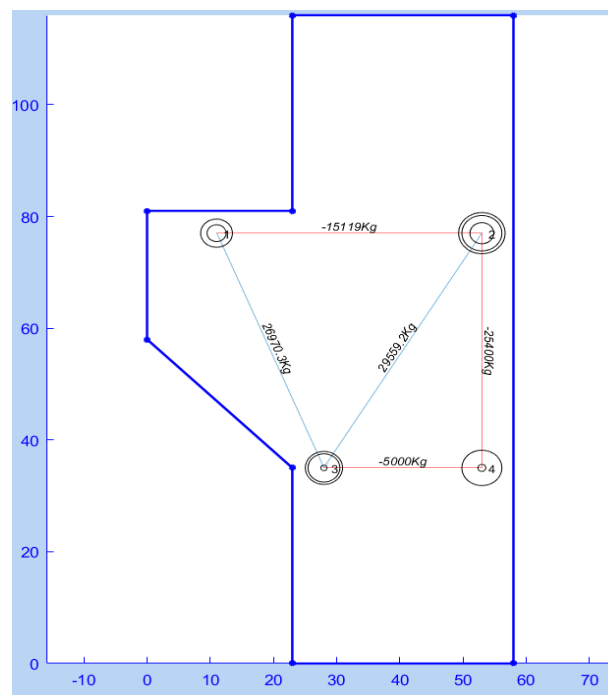


Fig.102. Áreas tensionadas máximas necesarias – MS01

Calculo de Refuerzo en Tensores

| | N° Barra | Tu | phi | fy | Ats | Diametro | Abarra | N°barras |
|---|----------|-------------|--------|------|--------|----------|--------|----------|
| 1 | 2 | -1.5119e+04 | 0.7500 | 4200 | 4.7997 | 1/2 | 1.2668 | 4 |
| 2 | 4 | -2.5400e+04 | 0.7500 | 4200 | 8.0635 | 1/2 | 1.2668 | 7 |
| 3 | 5 | -5.0000e+03 | 0.7500 | 4200 | 1.5873 | 3/8 | 0.7126 | 3 |

cargar
Anterior

Fig.103. Refuerzo en Tensores – MS01

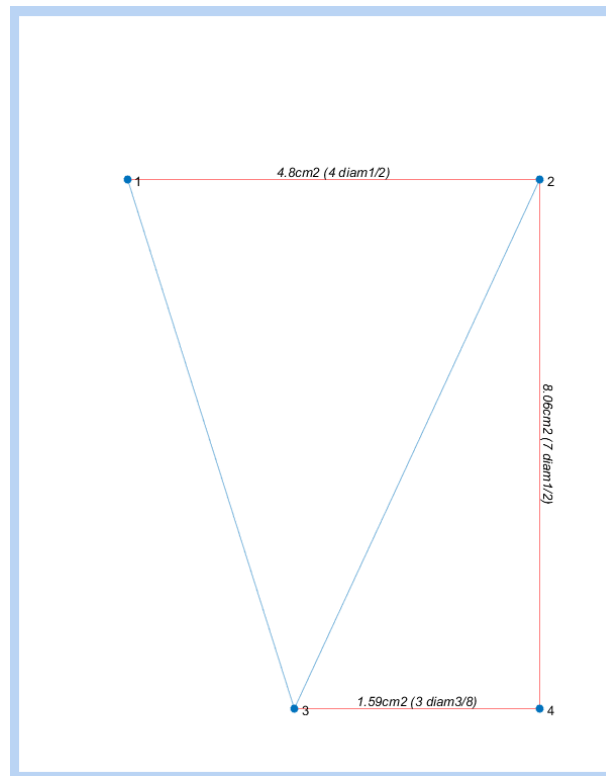


Fig.104. Refuerzo en cada Tensor – MS01

Acero Minimo Contra la Fisuracion

| | N° Barra | Angulo | Ah | S1 | Av | S2 | ph | pv | pt | Observacion |
|---|----------|---------|-----|----|----|----|--------|----|--------|-------------|
| 1 | 1 | -1.1862 | 3/8 | 12 | 0 | 30 | 0.0028 | 0 | 0.0028 | - |
| 2 | 3 | 1.0339 | 3/8 | 12 | 0 | 30 | 0.0025 | 0 | 0.0025 | - |

cargar
Cancelar

Fig.105. Acero Minimo – MS01

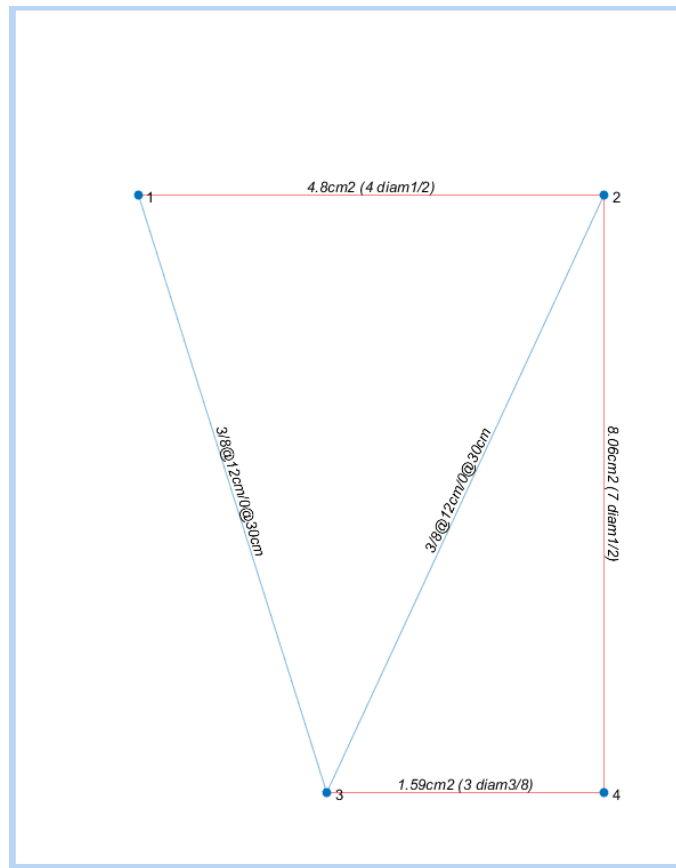


Fig.106. Acero Mínimo en cada Puntal – MS01

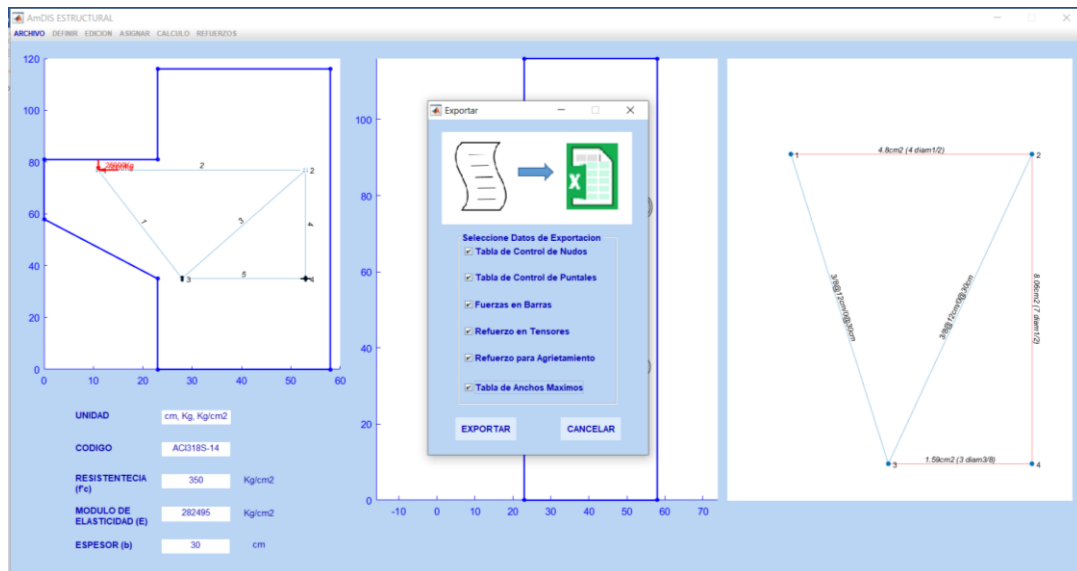
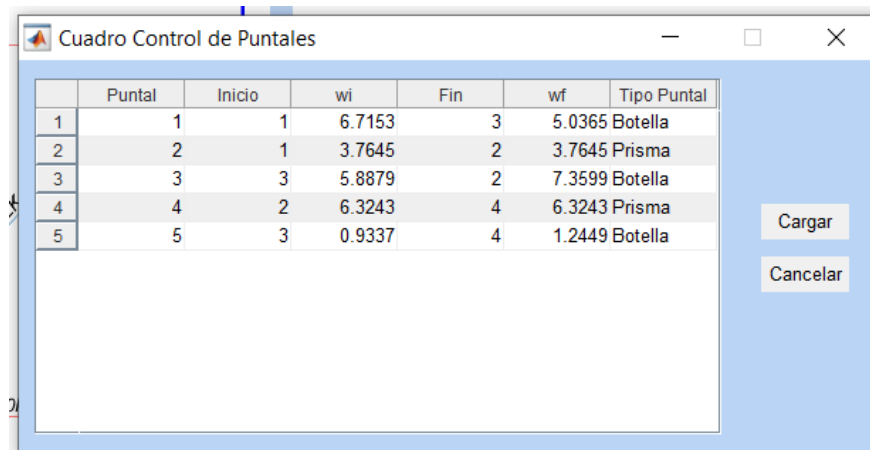


Fig.107. Exportación de la Data – MS01



Finalmente podemos observar que los valores obtenidos aplicando el programa AmDIS ESTRUCTURAL son iguales a los obtenidos del procedimiento analítico y matricial para el caso de la MENSULA, sea en el análisis, anchos efectivos y la cuantía del refuerzo.

| BARRA | INICIO | Wi (cm) | FIN | Wf(cm) | TIPO | COLOR |
|-------|--------|---------|-----|--------|------------|---------|
| 1 | 1 | 6.72 | 3 | 5.04 | Botella | Rojo |
| 2 | 1 | 3.77 | 2 | 3.77 | Prismatico | Verde |
| 3 | 3 | 5.52 | 2 | 7.36 | Botella | Azul |
| 4 | 2 | 6.32 | 4 | 6.32 | Prismatico | Celeste |
| 5 | 3 | 0.93 | 4 | 1.25 | Botella | Morado |

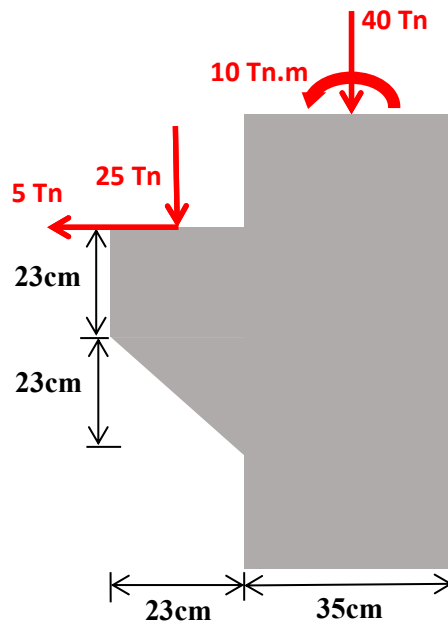


| | Puntal | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo Puntal |
|---|--------|--------|--------|-----|--------|-------------|
| 1 | 1 | 1 | 6.7153 | 3 | 5.0365 | Botella |
| 2 | 2 | 1 | 3.7645 | 2 | 3.7645 | Prisma |
| 3 | 3 | 3 | 5.8879 | 2 | 7.3599 | Botella |
| 4 | 4 | 2 | 6.3243 | 4 | 6.3243 | Prisma |
| 5 | 5 | 3 | 0.9337 | 4 | 1.2449 | Botella |

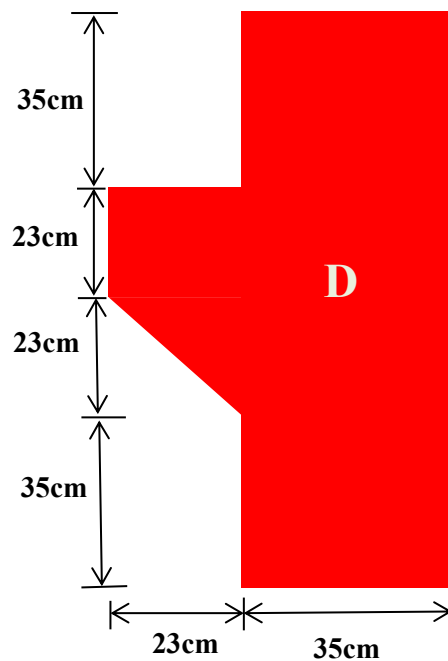


CASO PARA ANALISIS:

De seguro se presentó la incógnita si es posible diseñar la zona de discontinuidad considerando las sollicitaciones internas de la columna más lo requerido en la cartela, como se muestra en la siguiente imagen.

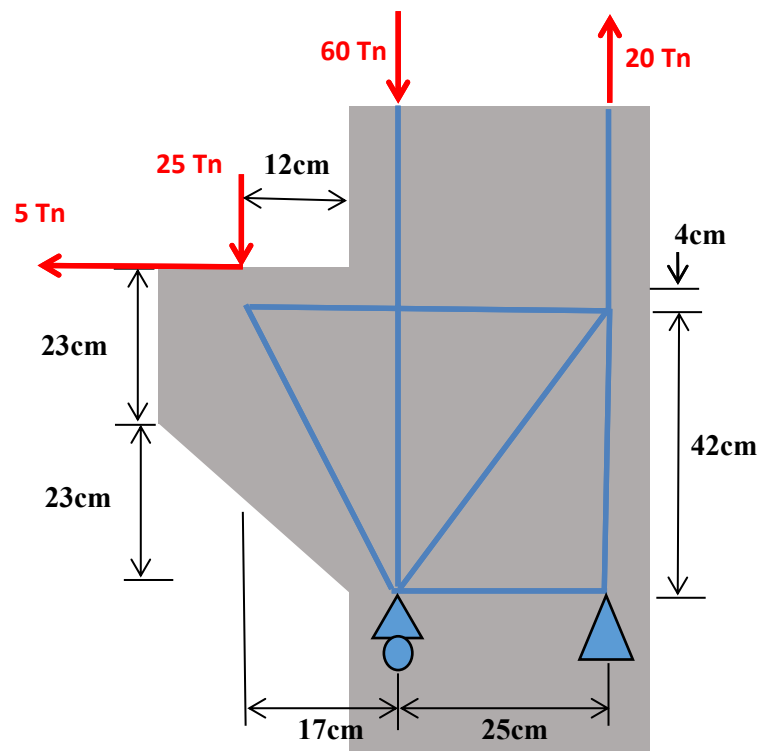
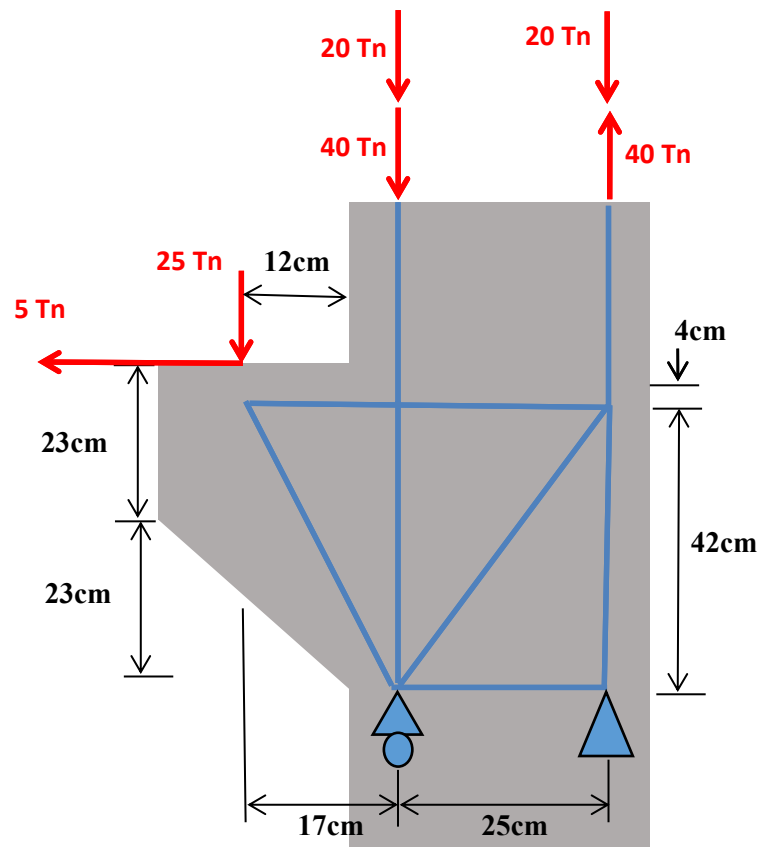


Definimos la zona de discontinuidad o región D.



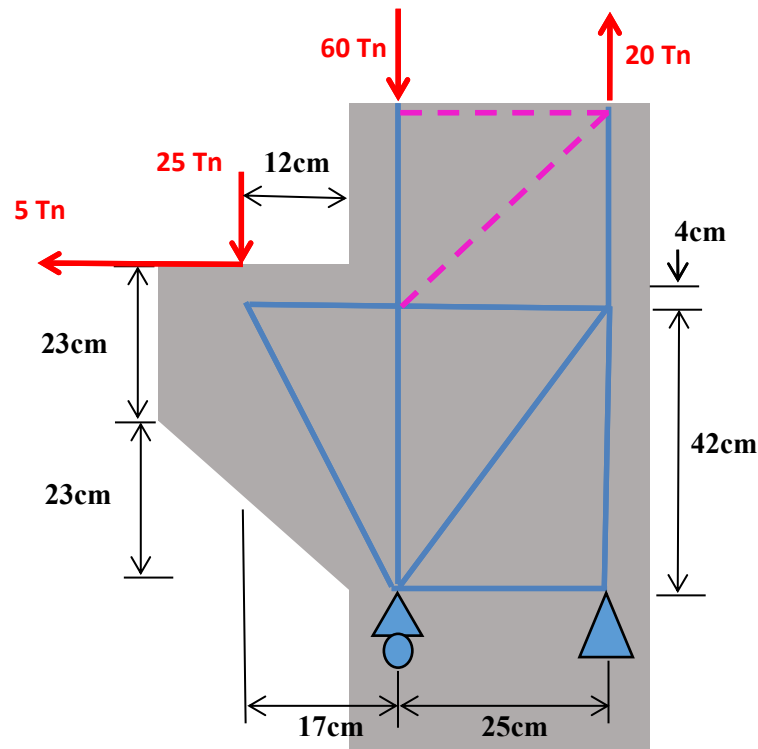


El flujo de tensiones será similar al presentado en el capítulo anterior. Definimos el modelo puntal-tensor de la siguiente forma.



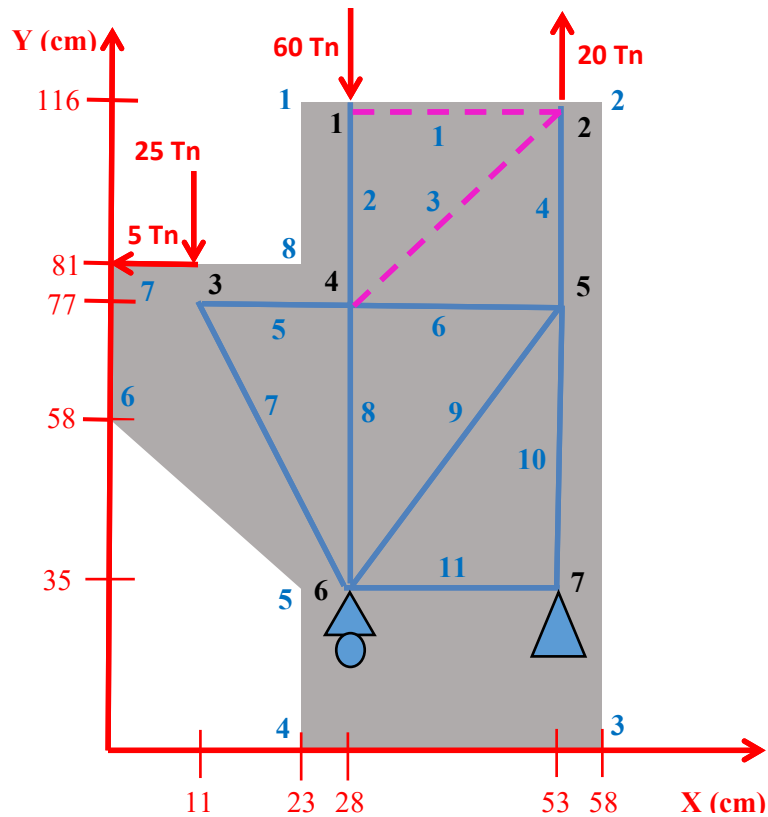


Con el objetivo de librarnos de la inestabilidad en la cercha, plantemos dos elementos (líneas punteadas) que es evidente que tendrán carga nula, pero esta situación podría cambiar si se hubiera considera el efecto de corte en la columna, en nuestro caso por lo tanto el diseño se concentrara en los elementos de color azul (líneas continuas).





Finalmente solucionamos el modelo aplicando el programa:



Geometría de la Región D

| N° | X | Y |
|----|----|-----|
| 1 | 23 | 116 |
| 2 | 58 | 116 |
| 3 | 58 | 0 |
| 4 | 23 | 0 |
| 5 | 23 | 35 |
| 6 | 0 | 58 |
| 7 | 0 | 81 |
| 8 | 23 | 81 |



Geometría del Puntal Tensor

| N° | X | Y |
|----|----|-----|
| 1 | 28 | 116 |
| 2 | 53 | 116 |
| 3 | 11 | 77 |
| 4 | 28 | 77 |
| 5 | 53 | 77 |
| 6 | 28 | 35 |
| 7 | 53 | 35 |

Triangulación

| N° | Nudo Inicial | Nudo Final |
|----|--------------|------------|
| 1 | 1 | 2 |
| 2 | 4 | 1 |
| 3 | 4 | 2 |
| 4 | 2 | 5 |
| 5 | 3 | 4 |
| 6 | 5 | 4 |
| 7 | 3 | 6 |
| 8 | 4 | 6 |
| 9 | 6 | 5 |
| 10 | 5 | 7 |
| 11 | 7 | 6 |



Los pasos anteriores a lo mostrado a continuación en la figura son similares a los ejercicios anteriores.

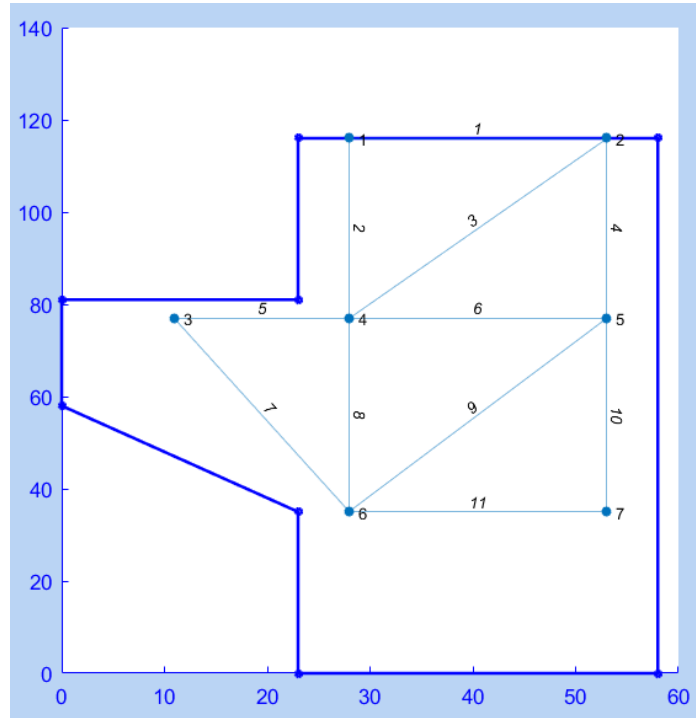


Fig.108. Modelo PT – MS02

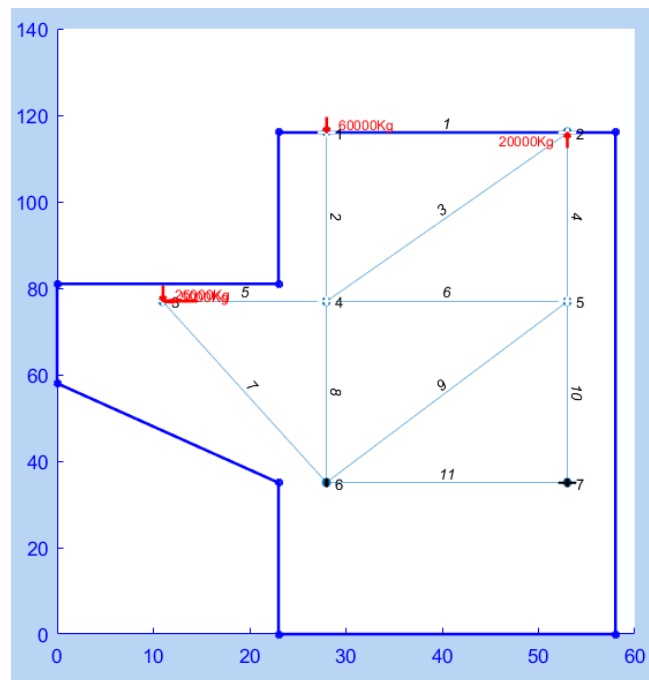


Fig.109. Carga externas – MS02

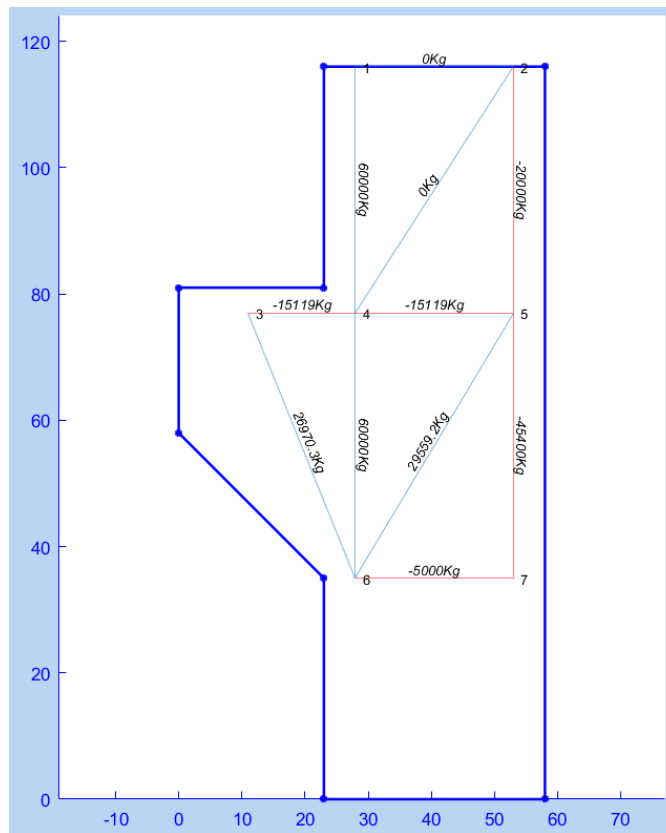


Fig.110. Resultado del Análisis – MS02

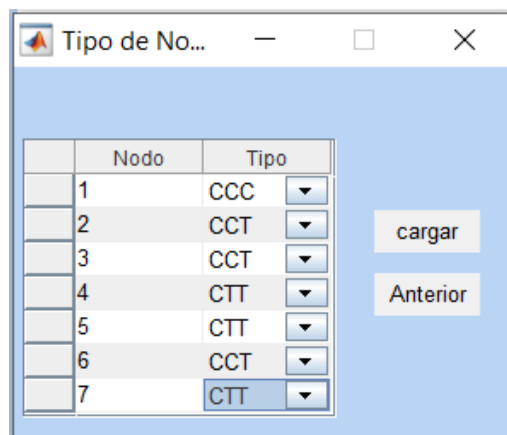


Fig.111. Tipo de Nodo – MS02



Reporte de Verificación de Nodos

| | Nodo | Fu | Tipo | Bn | fce | w |
|----|------|-------------|------|--------|----------|------------|
| 1 | 1 | 6.0000e+04 | CCC | 1 | 297.5000 | 8.9636 |
| 2 | 2 | 4.3656e-11 | CCT | 0.8000 | 238.0000 | 8.1523e-15 |
| 3 | 2 | -2.0000e+04 | CCT | 0.8000 | 238.0000 | 3.7348 |
| 4 | 3 | -1.5119e+04 | CCT | 0.8000 | 238.0000 | 2.8234 |
| 5 | 3 | 2.6970e+04 | CCT | 0.8000 | 238.0000 | 5.0365 |
| 6 | 4 | 6.0000e+04 | CTT | 0.6000 | 178.5000 | 14.9393 |
| 7 | 4 | 4.3656e-11 | CTT | 0.6000 | 178.5000 | 1.0870e-14 |
| 8 | 4 | -1.5119e+04 | CTT | 0.6000 | 178.5000 | 3.7645 |
| 9 | 4 | -1.5119e+04 | CTT | 0.6000 | 178.5000 | 3.7645 |
| 10 | 4 | 6.0000e+04 | CTT | 0.6000 | 178.5000 | 14.9393 |
| 11 | 5 | -2.0000e+04 | CTT | 0.6000 | 178.5000 | 4.9798 |

Cargar
Cancelar

Fig.112. Ancho efectivo W_n – MS02

Cuadro de Barras en General

| | Puntal | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo Puntal | Bs | fce | Fu | ws |
|----|--------|--------|------------|-----|------------|-------------|--------|----------|-------------|------------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | Prismatico | 1 | 297.5000 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 4 | 14.9393 | 1 | 8.9636 | Botella | 1 | 297.5000 | 6.0000e+04 | 8.9636 |
| 3 | 3 | 4 | 1.0870e-14 | 2 | 8.1523e-15 | Prismatico | 0.7500 | 223.1250 | 4.3656e-11 | 8.6958e-15 |
| 4 | 4 | 2 | 3.7348 | 5 | 4.9798 | Botella | 1 | 297.5000 | -2.0000e+04 | 2.9879 |
| 5 | 5 | 3 | 2.8234 | 4 | 3.7645 | Botella | 1 | 297.5000 | -1.5119e+04 | 2.2587 |
| 6 | 6 | 5 | 3.7645 | 4 | 3.7645 | Prismatico | 0.7500 | 223.1250 | -1.5119e+04 | 3.0116 |
| 7 | 7 | 3 | 5.0365 | 6 | 5.0365 | Prismatico | 1 | 297.5000 | 2.6970e+04 | 4.0292 |
| 8 | 8 | 4 | 14.9393 | 6 | 11.2045 | Botella | 0.7500 | 223.1250 | 6.0000e+04 | 11.9514 |
| 9 | 9 | 6 | 5.5199 | 5 | 7.3599 | Botella | 0.7500 | 223.1250 | 2.9559e+04 | 5.8879 |
| 10 | 10 | 5 | 11.3041 | 7 | 11.3041 | Prismatico | 1 | 297.5000 | -4.5400e+04 | 6.7824 |
| 11 | 11 | 7 | 1.2449 | 6 | 0.9337 | Botella | 1 | 297.5000 | -5.0000e+03 | 0.7470 |

Correr
Anterior

Fig.113. Anchos efectivo W_s – MS02

Cuadro Control de Puntales

| | Puntal | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo Puntal |
|----|--------|--------|------------|-----|------------|-------------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | Prisma |
| 2 | 2 | 4 | 14.9393 | 1 | 8.9636 | Botella |
| 3 | 3 | 4 | 1.0870e-14 | 2 | 8.6958e-15 | Prisma |
| 4 | 4 | 2 | 3.7348 | 5 | 4.9798 | Botella |
| 5 | 5 | 3 | 2.8234 | 4 | 3.7645 | Botella |
| 6 | 6 | 5 | 3.7645 | 4 | 3.7645 | Prisma |
| 7 | 7 | 3 | 5.0365 | 6 | 5.0365 | Prisma |
| 8 | 8 | 4 | 14.9393 | 6 | 11.9514 | Botella |
| 9 | 9 | 6 | 5.8879 | 5 | 7.3599 | Botella |
| 10 | 10 | 5 | 11.3041 | 7 | 11.3041 | Prisma |
| 11 | 11 | 7 | 1.2449 | 6 | 0.9337 | Botella |

Cargar
Cancelar

Fig.114. Anchos Máximos – MS02

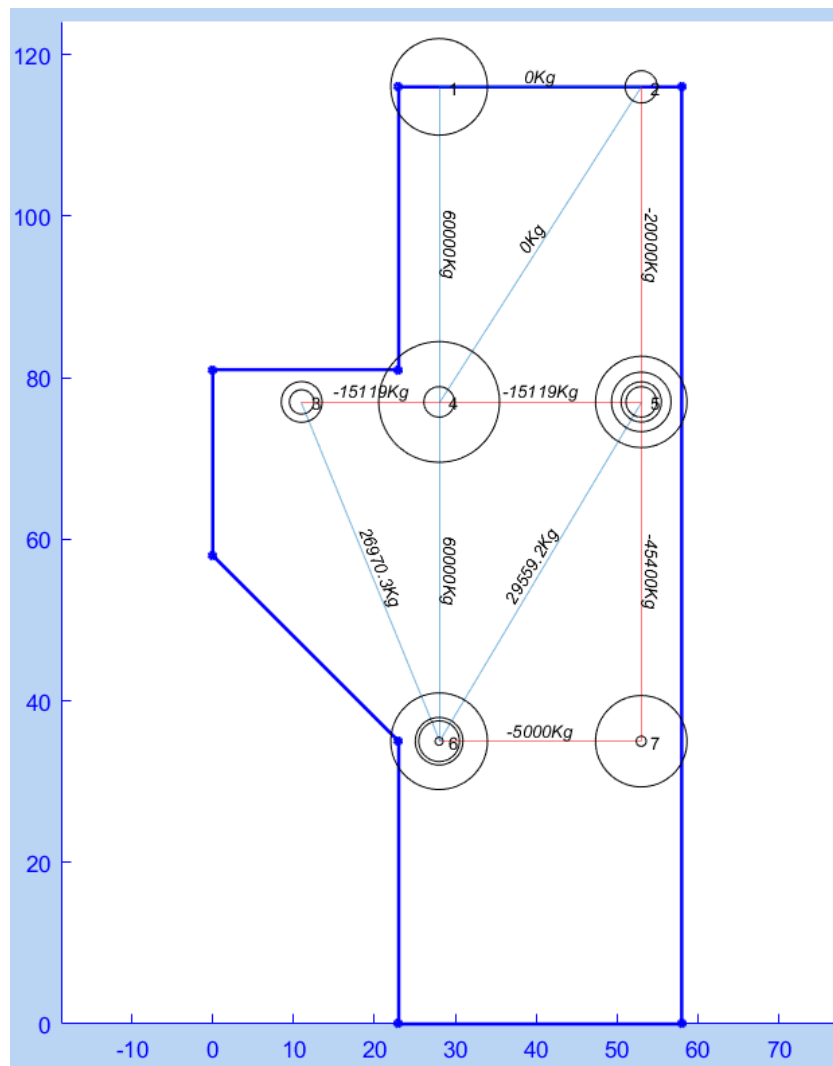
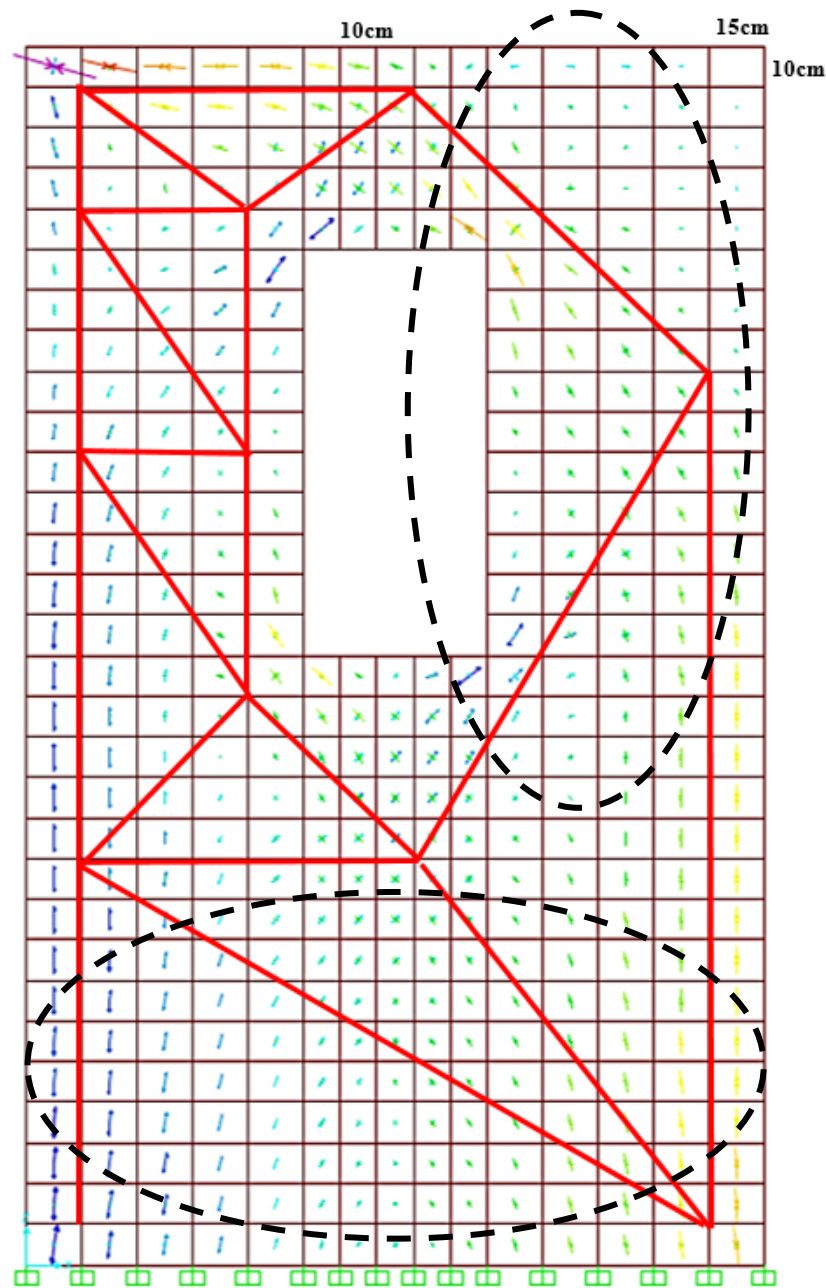


Fig.115. Áreas tensionadas máximas necesarias – MS02

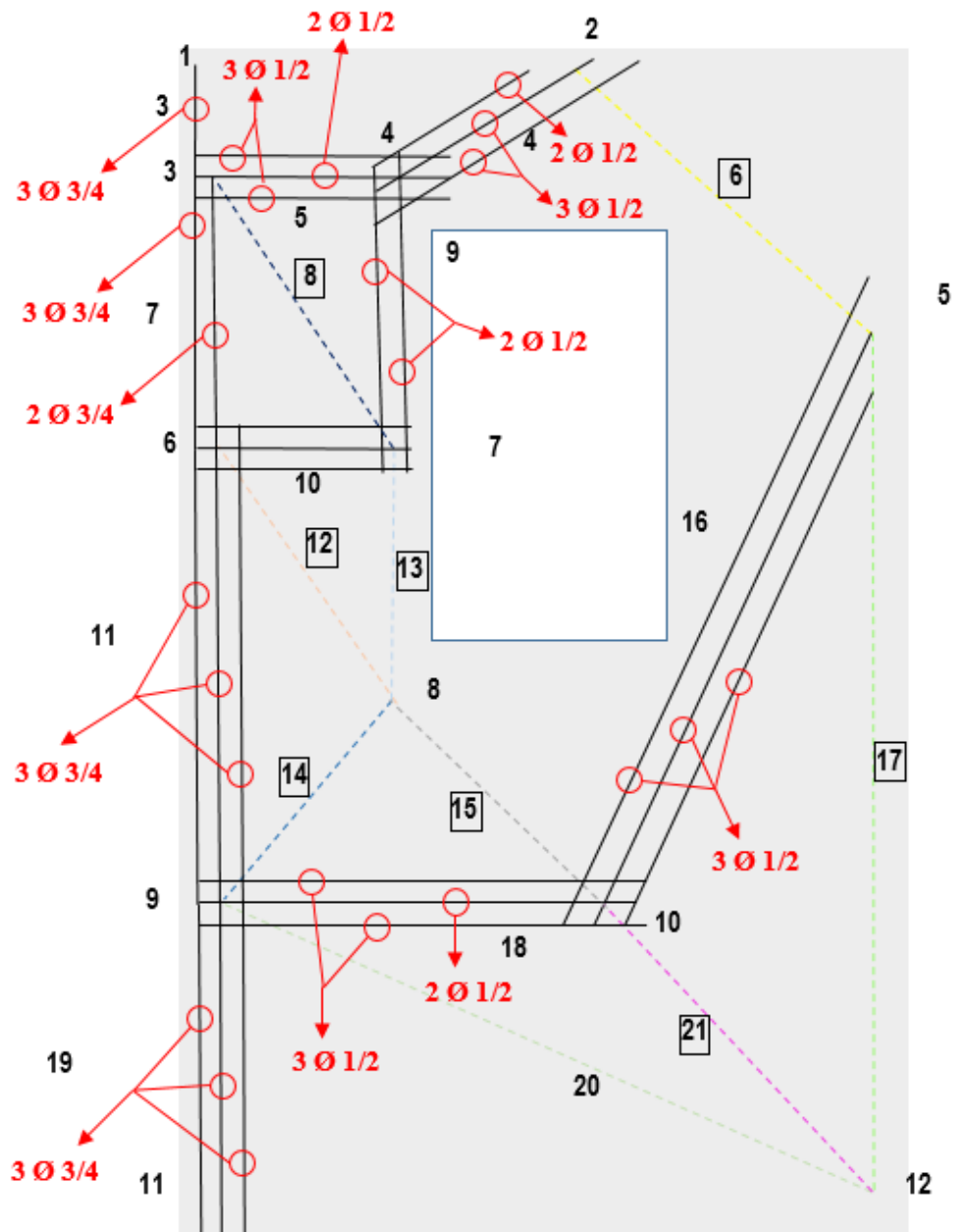
Como podemos observar se necesita más área de concreto para satisfacer las tensiones internas, por lo tanto, aproximadamente 10 cm se deberá adicionar, 5cm a cada lado, para así satisfacer la sollicitación de las tensiones internas.

7.3. PLACA CON ABERTURA

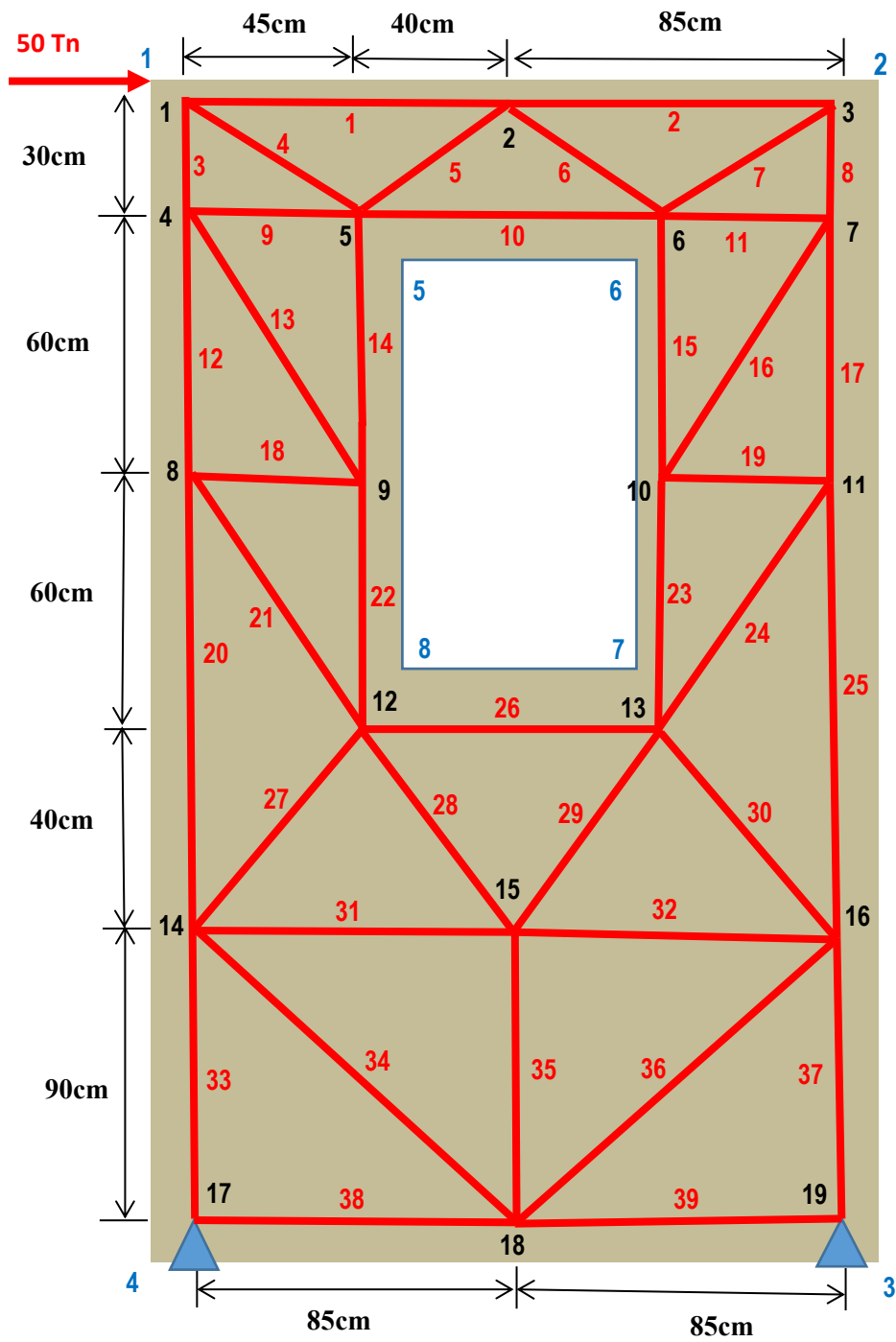
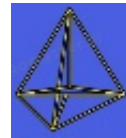
Al igual que los demás casos vistos anteriormente, en el capítulo anterior se solucionó una placa con una abertura; a continuación, presentamos el modelo solucionado.



Como podemos observar en la imagen anterior existen dos partes (líneas punteadas) en las cuales no se les dio mejor detalle en la configuración de las cerchas, por lo cual se obtuvo valores de los refuerzos muy conservadores y poco representativos para tales zonas. A continuación, presentamos las cuantías obtenidas en el capítulo anterior.



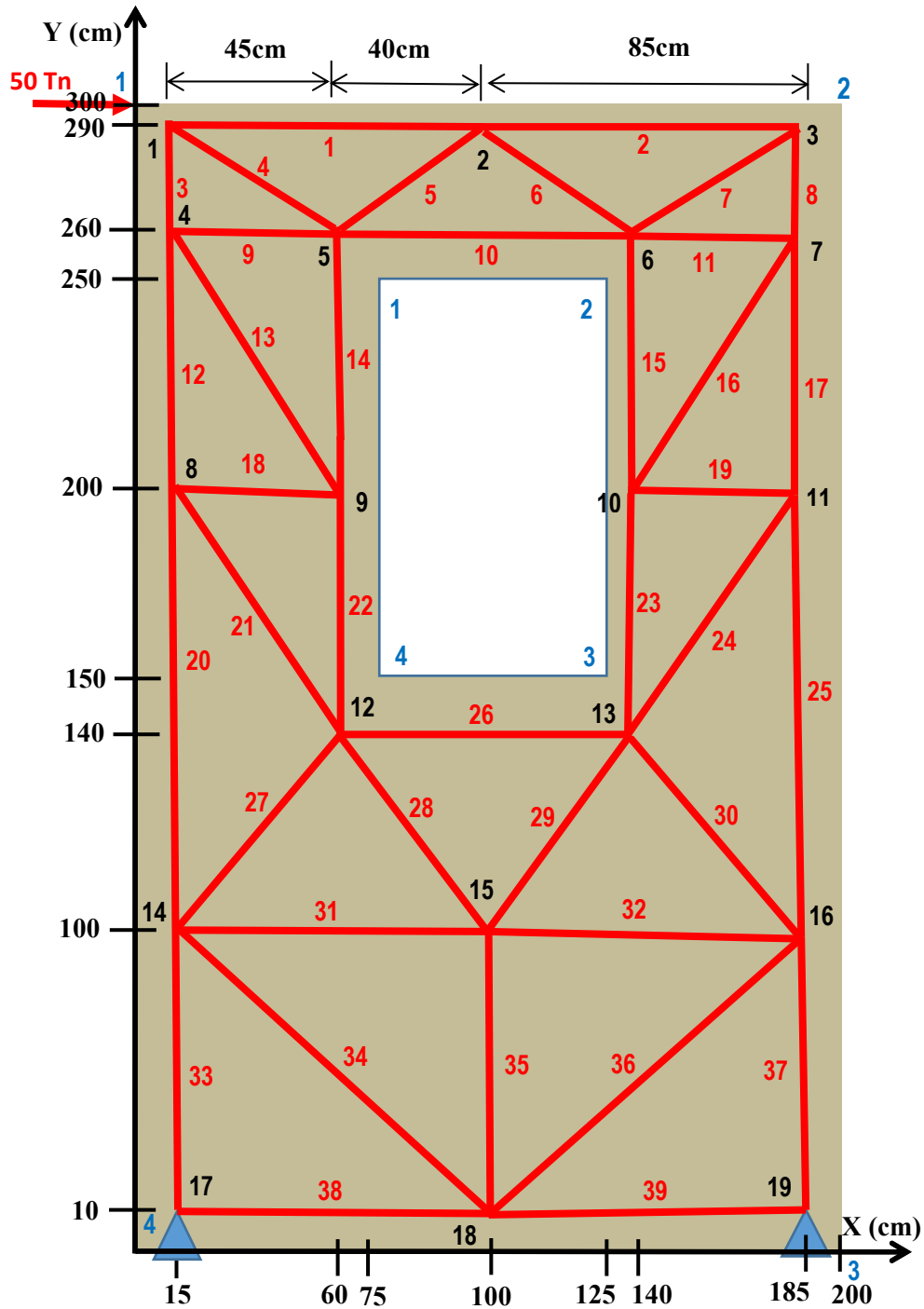
Disponiendo la ventaja de realizar configuración más elaboradas gracias al programa, se plantea un nuevo modelo de cercha que tenga un mejor detalle en aquellas partes de la placa donde se definió de manera muy general los elementos (puntales y tensores). A continuación, mostramos una configuración más óptima en la placa con abertura.





Finalmente solucionamos el modelo aplicando el programa AmDIS ESTRUCTURAL:

$b=25\text{cm}$, $f'c=280\text{kg/cm}^2$





Geometría de la Región D.

| N° | X | Y |
|----|-----|-----|
| 1 | 0 | 300 |
| 2 | 200 | 300 |
| 3 | 200 | 0 |
| 4 | 0 | 0 |

| N° | X | Y |
|----|-----|-----|
| 1 | 75 | 250 |
| 2 | 125 | 250 |
| 3 | 125 | 150 |
| 4 | 75 | 150 |

Geometría del Puntal Tensor.

| N° | X | Y |
|----|-----|-----|
| 1 | 15 | 290 |
| 2 | 100 | 290 |
| 3 | 185 | 290 |
| 4 | 15 | 260 |
| 5 | 60 | 260 |
| 6 | 140 | 260 |
| 7 | 185 | 260 |
| 8 | 15 | 200 |
| 9 | 60 | 200 |
| 10 | 140 | 200 |
| 11 | 185 | 200 |
| 12 | 60 | 140 |
| 13 | 140 | 140 |
| 14 | 15 | 100 |
| 15 | 100 | 100 |
| 16 | 185 | 100 |
| 17 | 15 | 10 |



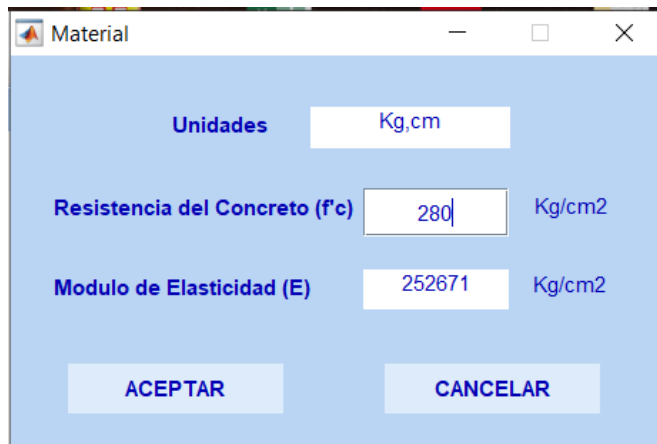
| | | |
|----|-----|----|
| 18 | 100 | 10 |
| 19 | 185 | 10 |

Triangulación.

| ELEMENTO | Nudo Inicial | Nudo Final |
|----------|--------------|------------|
| 1 | 1 | 2 |
| 2 | 2 | 3 |
| 3 | 4 | 1 |
| 4 | 1 | 5 |
| 5 | 5 | 2 |
| 6 | 2 | 6 |
| 7 | 6 | 3 |
| 8 | 3 | 7 |
| 9 | 4 | 5 |
| 10 | 5 | 6 |
| 11 | 6 | 7 |
| 12 | 4 | 8 |
| 13 | 4 | 9 |
| 14 | 5 | 9 |
| 15 | 6 | 10 |
| 16 | 7 | 10 |
| 17 | 7 | 11 |
| 18 | 8 | 9 |
| 19 | 10 | 11 |
| 20 | 8 | 14 |
| 21 | 8 | 12 |
| 22 | 9 | 12 |
| 23 | 10 | 13 |
| 24 | 13 | 11 |
| 25 | 11 | 16 |
| 26 | 12 | 13 |
| 27 | 12 | 14 |



| | | |
|----|----|----|
| 28 | 12 | 15 |
| 29 | 15 | 13 |
| 30 | 13 | 16 |
| 31 | 14 | 15 |
| 32 | 15 | 16 |
| 33 | 14 | 17 |
| 34 | 14 | 18 |
| 35 | 15 | 18 |
| 36 | 18 | 16 |
| 37 | 19 | 16 |
| 38 | 17 | 18 |
| 39 | 18 | 19 |



Material

Unidades

Resistencia del Concreto (f'c) Kg/cm²

Modulo de Elasticidad (E) Kg/cm²

Fig.116. Resistencia del Material – PL02

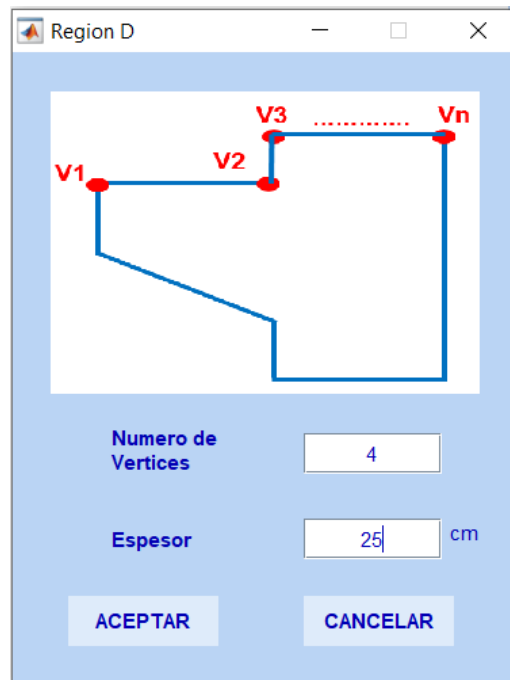


Fig.117. Numero de vértices de la región D – PL02

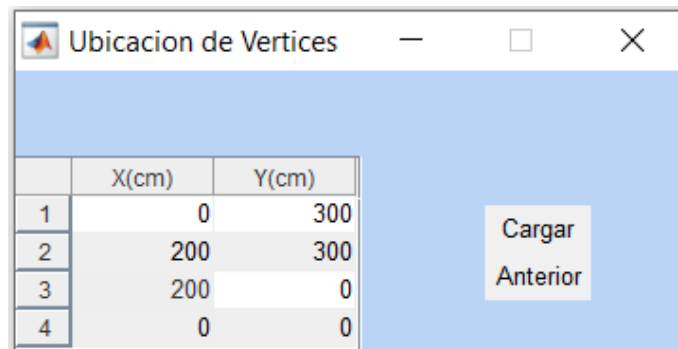


Fig.118. Coordenadas de los vértices de la región D – PL02

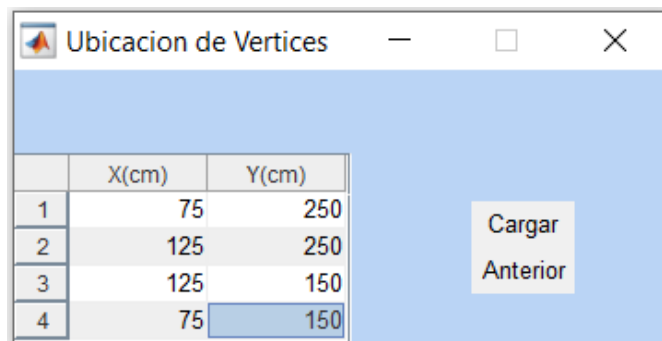


Fig.119. Coordenadas de los vértices de la región D – PL02

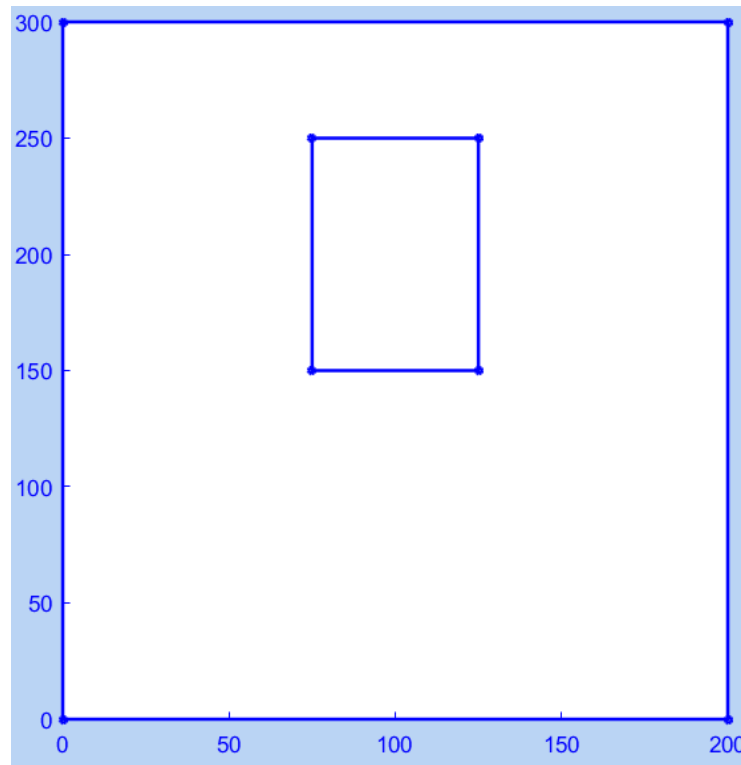


Fig.120. Región D definida – PL02

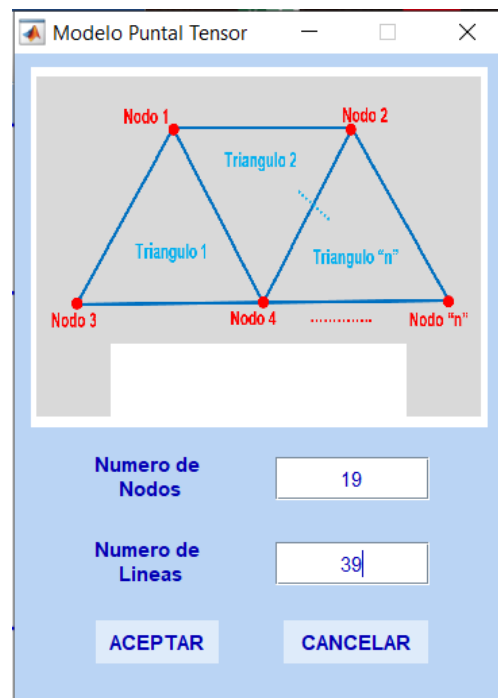
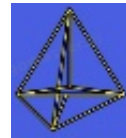


Fig.121. Numero de nodos del Modelo PT – PL02



| | X(cm) | Y(cm) |
|----|-------|-------|
| 1 | 15 | 290 |
| 2 | 100 | 290 |
| 3 | 185 | 290 |
| 4 | 15 | 260 |
| 5 | 60 | 260 |
| 6 | 140 | 260 |
| 7 | 185 | 260 |
| 8 | 15 | 200 |
| 9 | 60 | 200 |
| 10 | 140 | 200 |
| 11 | 185 | 200 |
| 12 | 60 | 140 |
| 13 | 140 | 140 |
| 14 | 15 | 100 |
| 15 | 100 | 100 |
| 16 | 185 | 100 |
| 17 | 15 | 10 |
| 18 | 100 | 10 |
| 19 | 185 | 10 |

Fig.122. Coordenadas del Modelo PT – PL02

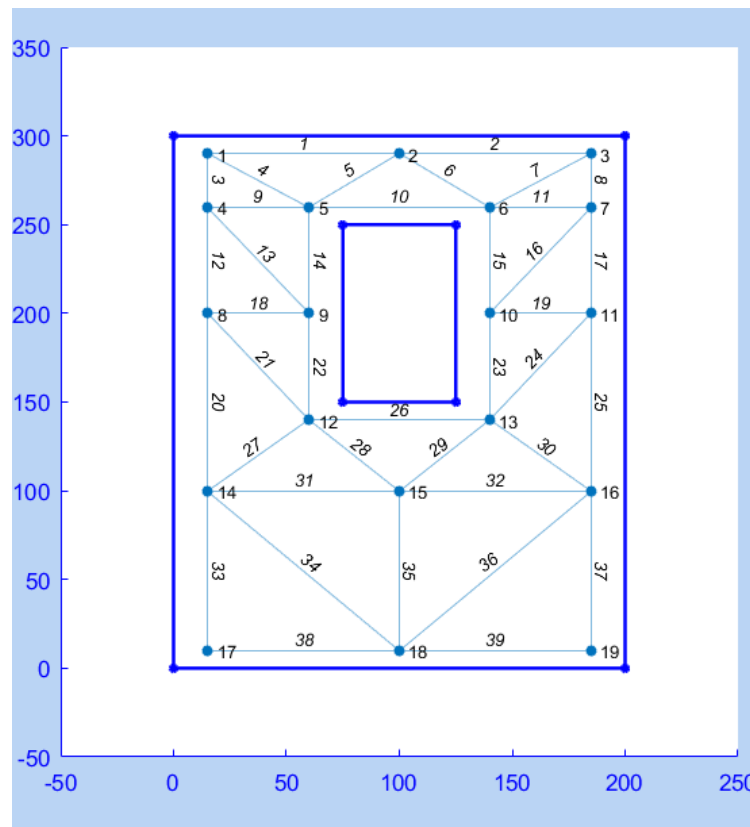


Fig.123. Modelo PT – PL02

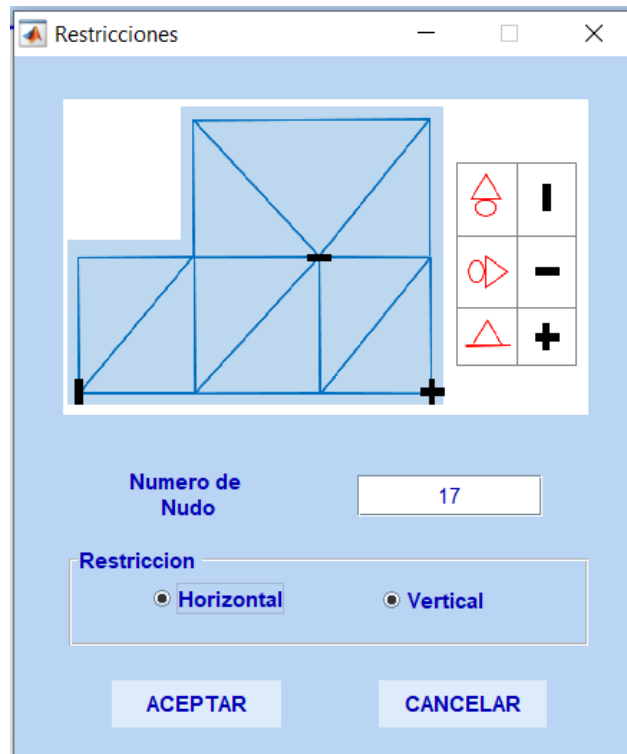


Fig.124. Restricción en nodo 17 – PL02

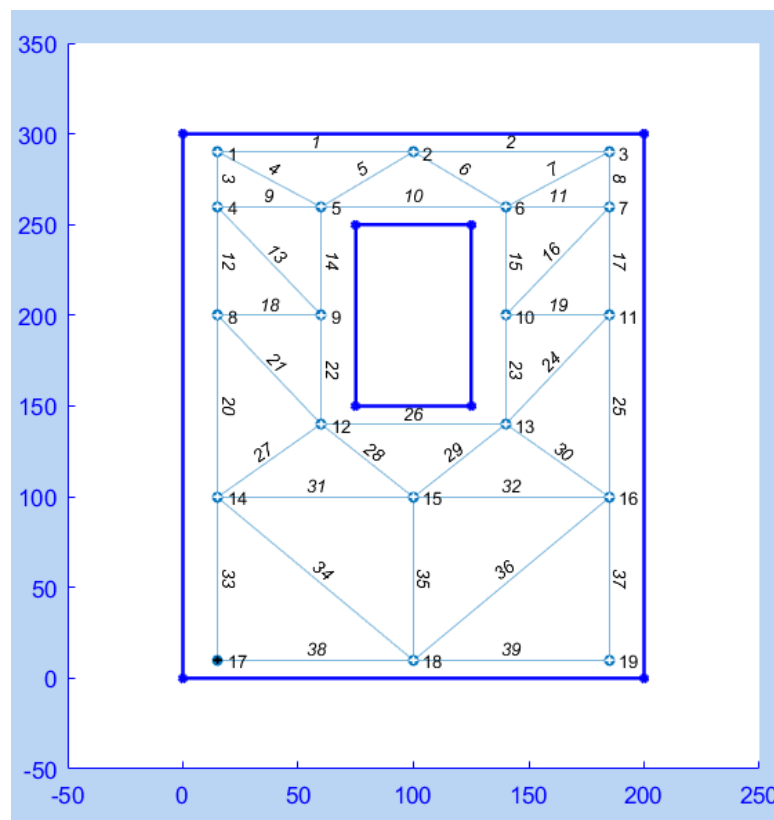


Fig.125. Visualización de la restricción nodo 17 – PL02

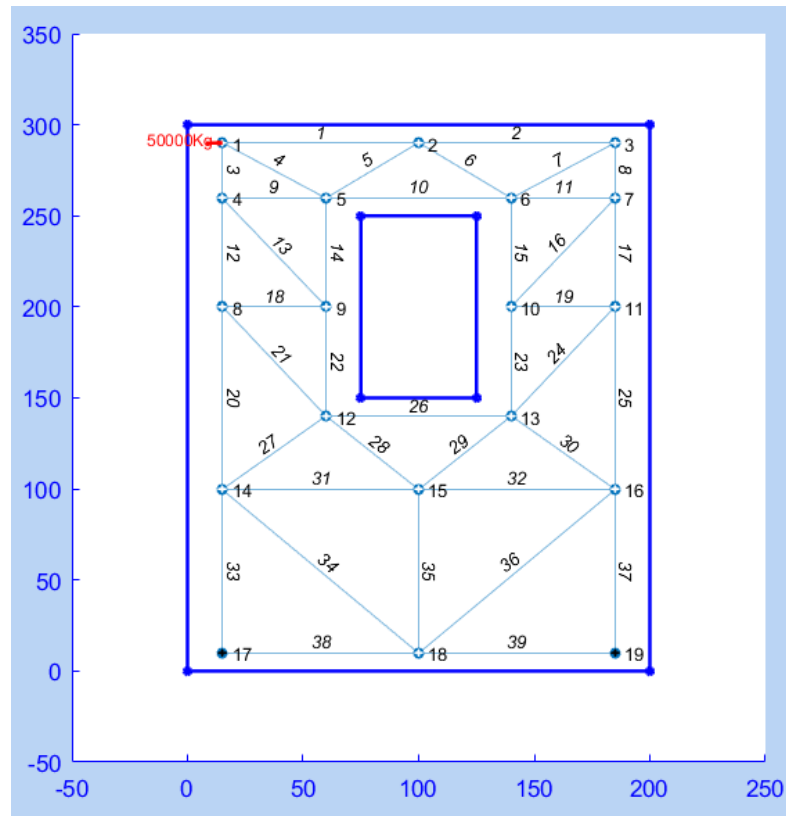


Fig.126. Visualización de la restricción nodo 19 – PL02

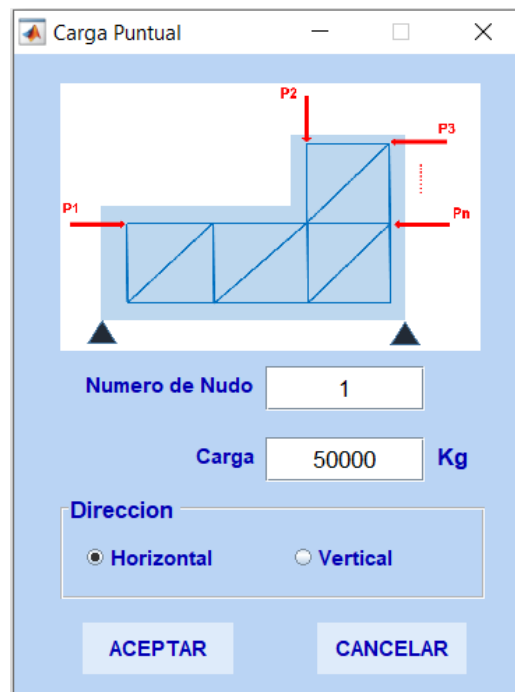


Fig.127. Asignación de la carga en el nodo 01 – PL02

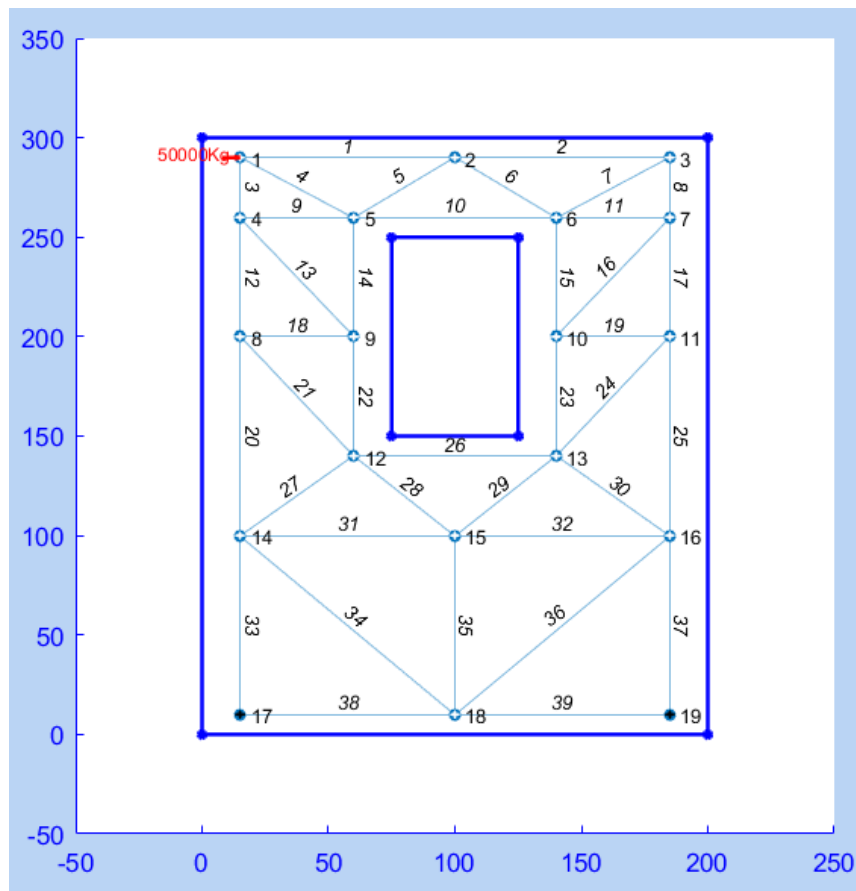
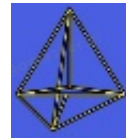


Fig.128. Visualización de la carga asignada – PL02

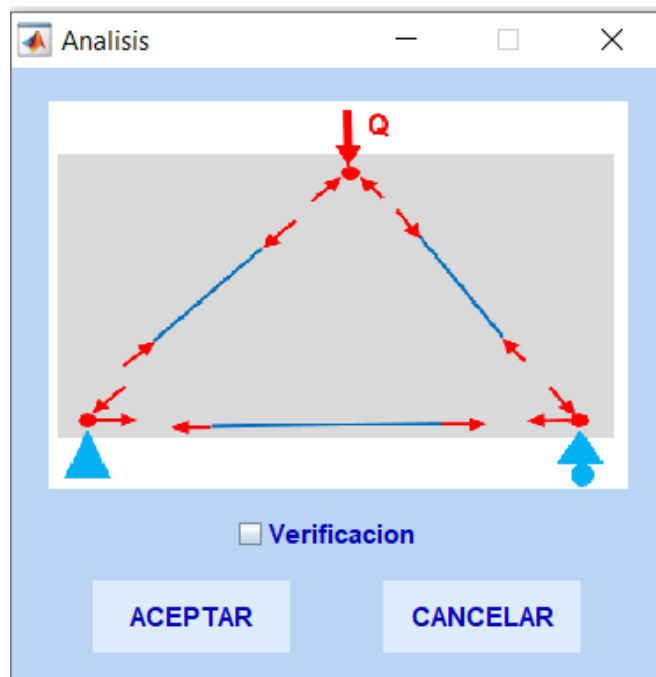


Fig.129. Análisis – PL02

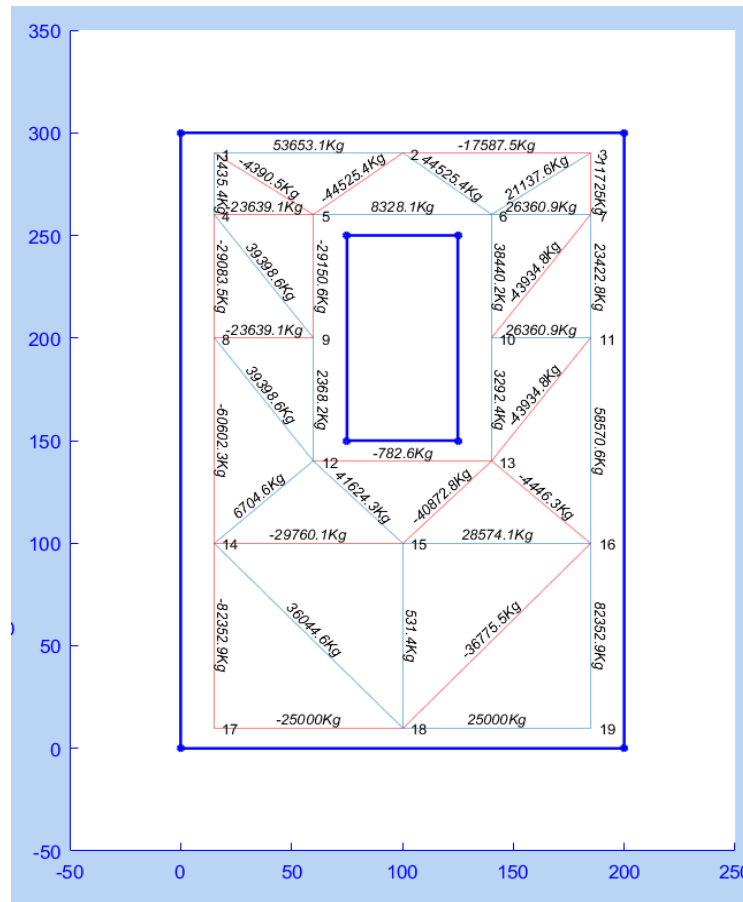


Fig. 130. Resultados del Análisis – PL02

Tipo de No... [-] [X]

| Nodo | Tipo |
|------|------|
| 1 | CCT |
| 2 | CTT |
| 3 | CTT |
| 4 | CTT |
| 5 | CTT |
| 6 | CCC |
| 7 | CTT |
| 8 | CTT |
| 9 | CTT |
| 10 | CCT |
| 11 | CCT |
| 12 | CCT |
| 13 | CTT |
| 14 | CTT |
| 15 | CTT |
| 16 | CTT |
| 17 | CTT |
| 18 | CTT |
| 19 | CCC |

cargar

Anterior

Fig.131. Tipo de Nodos – PL02



Reporte de Verificación de Nodos

| | Nodo | Fu | Tipo | Bn | fce | w |
|----|------|-------------|------|--------|----------|---------|
| 1 | 1 | 5.3653e+04 | CCT | 0.8000 | 190.4000 | 15.0289 |
| 2 | 1 | 2.4354e+03 | CCT | 0.8000 | 190.4000 | 0.6822 |
| 3 | 1 | -4.3905e+03 | CCT | 0.8000 | 190.4000 | 1.2298 |
| 4 | 2 | 5.3653e+04 | CTT | 0.6000 | 142.8000 | 20.0385 |
| 5 | 2 | -1.7588e+04 | CTT | 0.6000 | 142.8000 | 6.5686 |
| 6 | 2 | -4.4525e+04 | CTT | 0.6000 | 142.8000 | 16.6295 |
| 7 | 2 | 4.4525e+04 | CTT | 0.6000 | 142.8000 | 16.6295 |
| 8 | 3 | -1.7588e+04 | CTT | 0.6000 | 142.8000 | 6.5686 |
| 9 | 3 | 2.1138e+04 | CTT | 0.6000 | 142.8000 | 7.8945 |
| 10 | 3 | -1.1725e+04 | CTT | 0.6000 | 142.8000 | 4.3791 |
| 11 | 4 | 2.4354e+03 | CTT | 0.6000 | 142.8000 | 0.9096 |

Cargar
Cancelar

Fig.132. Anchos efectivos W_n – PL02

Cuadro de Barras en General

| | Puntal | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo Puntal | Bs | fce | Fu | ws |
|----|--------|--------|---------|-----|---------|-------------|--------|----------|-------------|-------|
| 1 | 1 | 1 | 15.0289 | 2 | 20.0385 | Botella | 1 | 238 | 5.3653e+04 | 12.02 |
| 2 | 2 | 2 | 6.5686 | 3 | 6.5686 | Prismatico | 1 | 238 | -1.7588e+04 | 3.94 |
| 3 | 3 | 4 | 0.9096 | 1 | 0.6822 | Botella | 1 | 238 | 2.4354e+03 | 0.54 |
| 4 | 4 | 1 | 1.2298 | 5 | 1.6398 | Botella | 0.7500 | 178.5000 | -4.3905e+03 | 1.31 |
| 5 | 5 | 5 | 16.6295 | 2 | 16.6295 | Prismatico | 0.7500 | 178.5000 | -4.4525e+04 | 13.30 |
| 6 | 6 | 2 | 16.6295 | 6 | 9.9777 | Botella | 0.7500 | 178.5000 | 4.4525e+04 | 13.30 |
| 7 | 7 | 6 | 4.7367 | 3 | 7.8945 | Botella | 0.7500 | 178.5000 | 2.1138e+04 | 6.31 |
| 8 | 8 | 3 | 4.3791 | 7 | 4.3791 | Prismatico | 1 | 238 | -1.1725e+04 | 2.62 |
| 9 | 9 | 4 | 8.8288 | 5 | 8.8288 | Prismatico | 0.7500 | 178.5000 | -2.3639e+04 | 7.06 |
| 10 | 10 | 5 | 3.1104 | 6 | 1.8662 | Botella | 1 | 238 | 8.3281e+03 | 1.86 |
| 11 | 11 | 6 | 5.9072 | 7 | 9.8453 | Botella | 0.7500 | 178.5000 | 2.6361e+04 | 7.87 |

Correr
Anterior

Fig.133. Anchos efectivos W_s – PL02

Cuadro Control de Puntales

| | Puntal | Inicio | wi | Fin | wf | Tipo Puntal |
|----|--------|--------|---------|-----|---------|-------------|
| 1 | 1 | 1 | 15.0289 | 2 | 20.0385 | Botella |
| 2 | 2 | 2 | 6.5686 | 3 | 6.5686 | Prisma |
| 3 | 3 | 4 | 0.9096 | 1 | 0.6822 | Botella |
| 4 | 4 | 1 | 1.3118 | 5 | 1.6398 | Botella |
| 5 | 5 | 5 | 16.6295 | 2 | 16.6295 | Prisma |
| 6 | 6 | 2 | 16.6295 | 6 | 13.3036 | Botella |
| 7 | 7 | 6 | 6.3156 | 3 | 7.8945 | Botella |
| 8 | 8 | 3 | 4.3791 | 7 | 4.3791 | Prisma |
| 9 | 9 | 4 | 8.8288 | 5 | 8.8288 | Prisma |
| 10 | 10 | 5 | 3.1104 | 6 | 1.8662 | Botella |
| 11 | 11 | 6 | 7.8763 | 7 | 9.8453 | Botella |

Cargar
Cancelar

Fig.134. Anchos máximos W_i y W_f – PL02

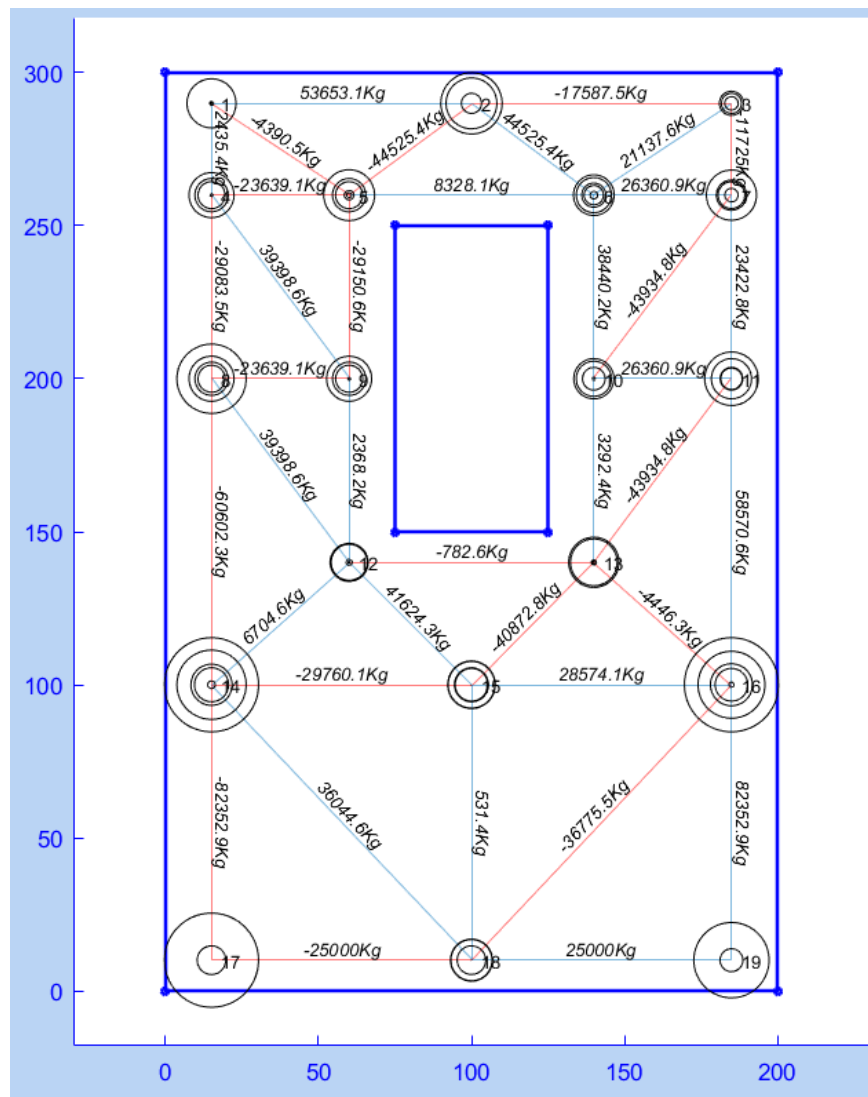


Fig.135. Áreas tensionadas máximas necesarias – PL02

Calculo de Refuerzo en Tensores

| N° Barra | Tu | phi | fy | Ats | Diametro | Abarra | N°barras |
|----------|-------------|--------|------|---------|----------|--------|----------|
| 1 | -1.7588e+04 | 0.7500 | 4200 | 5.5833 | 3/4 | 2.8502 | 2 |
| 2 | -4.3905e+03 | 0.7500 | 4200 | 1.3938 | 3/8 | 0.7126 | 2 |
| 3 | -4.4525e+04 | 0.7500 | 4200 | 14.1350 | 3/4 | 2.8502 | 5 |
| 4 | -1.1725e+04 | 0.7500 | 4200 | 3.7222 | 3/8 | 0.7126 | 6 |
| 5 | -2.3639e+04 | 0.7500 | 4200 | 7.5045 | 3/4 | 2.8502 | 3 |
| 6 | -2.9083e+04 | 0.7500 | 4200 | 9.2328 | 1 | 5.0671 | 2 |
| 7 | -2.9151e+04 | 0.7500 | 4200 | 9.2542 | 3/4 | 2.8502 | 4 |
| 8 | -4.3935e+04 | 0.7500 | 4200 | 13.9475 | 3/4 | 2.8502 | 5 |
| 9 | -2.3639e+04 | 0.7500 | 4200 | 7.5045 | 3/4 | 2.8502 | 3 |
| 10 | -6.0602e+04 | 0.7500 | 4200 | 19.2388 | 1 | 5.0671 | 4 |
| 11 | -4.3935e+04 | 0.7500 | 4200 | 13.9475 | 3/4 | 2.8502 | 5 |

Fig.136. Refuerzo en los tensores – PL02

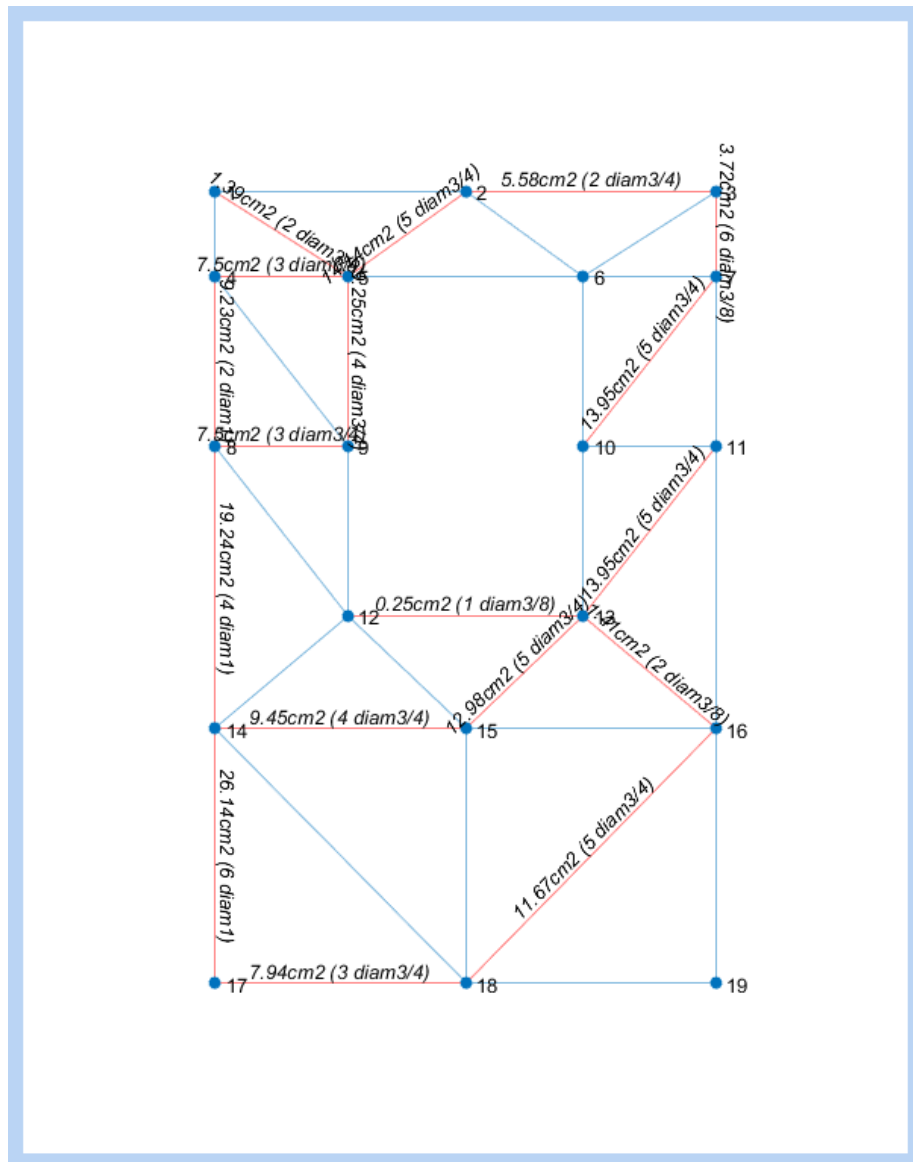


Fig.137. Visualización de refuerzos en tensores – PL02

Acero Mínimo Contra la Fisuración

| N° Barra | Angulo | Ah | S1 | Av | S2 | ph | pv | pt | Observaci |
|----------|-------------|----|--------|----|----|--------|--------|--------|-----------|
| 1 | 0 0 | | 30 3/8 | | 20 | 0 | 0.0029 | 0.0029 | - |
| 2 | 1.5708 3/8 | | 20 0 | | 30 | 0.0029 | 0 | 0.0029 | - |
| 3 | -0.6435 0 | | 30 1/2 | | 20 | 0 | 0.0029 | 0.0029 | - |
| 4 | 0.5880 0 | | 30 1/2 | | 20 | 0 | 0.0030 | 0.0030 | - |
| 5 | 0 0 | | 30 3/8 | | 20 | 0 | 0.0029 | 0.0029 | - |
| 6 | 0 0 | | 30 3/8 | | 20 | 0 | 0.0029 | 0.0029 | - |
| 7 | -0.9273 1/2 | | 20 0 | | 30 | 0.0029 | 0 | 0.0029 | - |
| 8 | -1.5708 3/8 | | 20 0 | | 30 | 0.0029 | 0 | 0.0029 | - |
| 9 | -1.5708 3/8 | | 20 0 | | 30 | 0.0029 | 0 | 0.0029 | - |
| 10 | 0 0 | | 30 3/8 | | 20 | 0 | 0.0029 | 0.0029 | - |
| 11 | -0.9273 1/2 | | 20 0 | | 30 | 0.0029 | 0 | 0.0029 | - |

Buttons: cargar, Cancelar

Fig.138. Acero mínimo – PL02

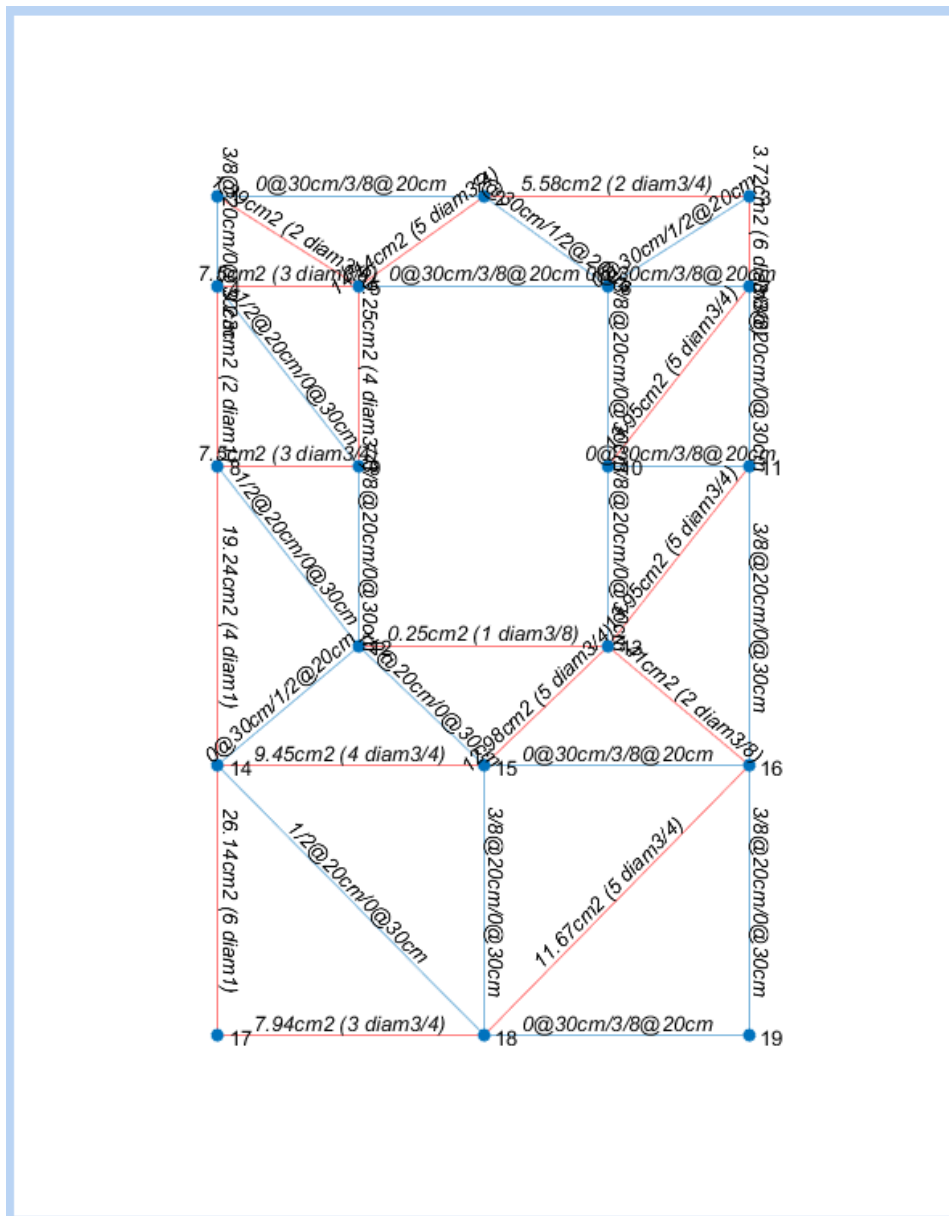


Fig.139. Visualización del acero en todos los elementos – PL02

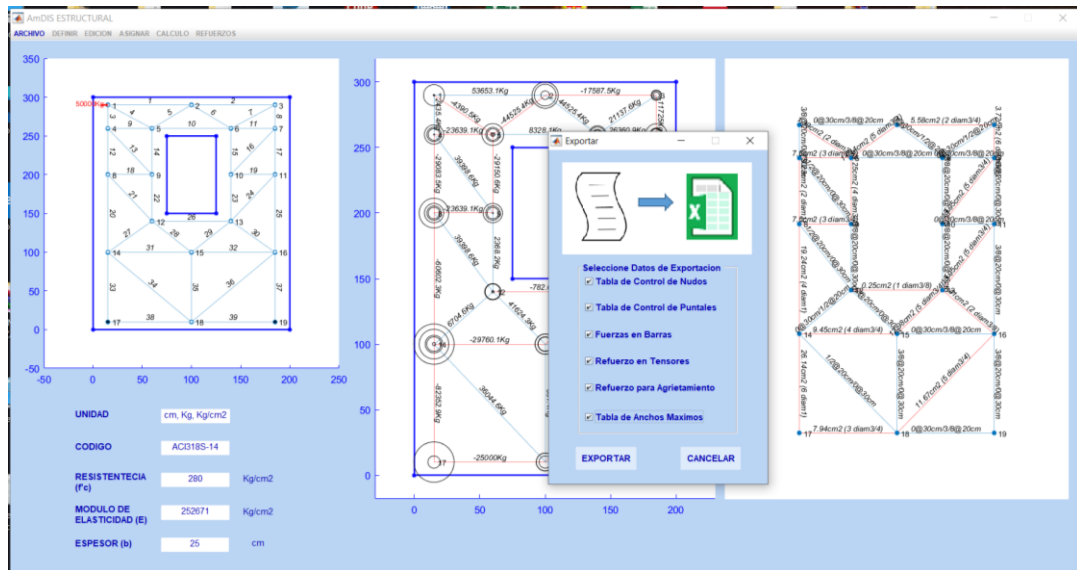


Fig.140. Exportación de la Data – PL02



CAPITULO VIII:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

8.1.1 CONCLUSION GENERAL

Se puede concluir mencionando que el desarrollo de un programa para el diseño en concreto armado en zonas bidimensionales agiliza y optimiza el cálculo de refuerzos en estas regiones perturbadas. Se dice que optimiza el diseño, ya que el programa me ayuda a obtener de manera más detallada en cada una de las partes de la región D, que deseo determinar los refuerzos, también se menciona que agiliza el diseño, bueno como todo programa ayuda agilizar los cálculos, que en nuestro caso será la agilización del diseño por el modelo puntal tensor.



8.1.2 CONCLUSIONES ESPECIFICAS

- El desarrollo del programa facilito la definición de la geometría de la región D, ya que por medio de tablas editables se logró ingresar las coordenadas de los vértices de la región D.
- El desarrollo del programa facilito la definición de la geometría del modelo puntal tensor, ya que por medio de tablas editables se logró ingresar las coordenadas de los nodos de la cercha.
- El desarrollo del programa facilito el cálculo de fuerzas en cada puntal y tensor, esto se logró resolver por métodos matriciales como es el caso del método de rigidez, y también los datos de ingreso se logró facilitar por medio de ventanas gráficas.
- El Desarrollo del programa facilito el diseño de puntales, tensores y zonas nodales, esto se logró aplicando las formulaciones establecidas en el ACI318-19, esto también se acompañó teniendo presente los datos de cargas internas en cada uno de los elementos de la cercha y a su vez se simplifico el ingreso de datos, como el diámetro de barras y espaciamientos por medio de ventanas y tablas editables.

8.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para el uso y manejo de cualquier programa es esencial tener conocimiento de las bases teóricas - matemáticas, para el caso de la presente investigación es necesario que tengan conocimiento en conceptos de la resistencia de materiales, análisis matricial de estructuras y principios básicos de diseño.
- Es recomendable que las siguientes generaciones de estudiantes apuesten a desarrollar proyectos que impliquen códigos de programación, ya que es el lenguaje en el cual podemos comunicarnos con los computadores, y a su vez la ingeniería civil no queda ajena al desarrollo de estas herramientas.



- Existen investigaciones que aplican el modelo puntal tensor no solo para concreto armado, sino también para el diseño en albañilería, por lo cual es recomendable poder investigar nuevas aplicaciones de este método en el área de la ingeniería civil.
- Finalmente es recomendable que se pueda poner en practica esta forma de diseño por el modelo puntal tensor, siendo aplicable a las diferentes situaciones que se pueda presentar en el diseño en concreto armado, en especial las que no fueron consideradas en la presente investigación, tales como: diseño de zapatas, diseño de nudos, etc.



BLIBLIOGRAFIA BASICA

- ACI318-19, A. I. (2019). *Bulding Code Requiements for Structural Concrete*. U.S.A.: -.
- Askeland, D. R. (2004). *Mecanica de Materiales*. Mexico: International Thomson Editores S.A.
- Hibbeler, R. (1997). *Mecanica de Materiales*. Mexico: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA S.A.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2009). *RNE - Concreto Armado - E.060*. Lima: -.
- More, H. (2007). *MATLAB para Ingenieros*. Mexico: Pearson Educacion de Mexico S.A.
- Popov, E. P. (2000). *Mecanica de Solidos*. Mexico: produccion Supervision: Rosse Kernan.
- Falconi A.R. (2004). *Analisis Matricial de Estructuras*. Ecuador: Escuela Politecnico del Ejercito.
- Shanley F.R. (1967). *Mecanica de Materiales*. EE.UU: McGraw Hill.



ANEXOS

➤ TABLAS DE RESULTADOS EXPORTADOS AL EXCEL

DATOS EXPORTADOS DE LA VIGA DE GRAN ALTURA 01 (VGA01)

- Tabla control de Nudos

| Nodo | Fu(N) | Tipo | Bn | fce(Mpa) | wn(mm) |
|------|-------------|------|-----|----------|------------|
| 1 | 5471.58767 | CCT | 0.8 | 142.8 | 5.1088587 |
| 1 | -2222.22222 | CCT | 0.8 | 142.8 | 2.07490404 |
| 2 | 5471.58767 | CCC | 1 | 178.5 | 4.08708696 |
| 2 | 5471.58767 | CCC | 1 | 178.5 | 4.08708696 |
| 3 | 5471.58767 | CCT | 0.8 | 142.8 | 5.1088587 |
| 3 | -2222.22222 | CCT | 0.8 | 142.8 | 2.07490404 |

- Tabla de anchos máximos

| Barras | Nudo Inicial | wi(mm) | Nudo Final | wf(mm) | Tipo |
|--------|--------------|------------|------------|------------|---------|
| 1 | 1 | 5.1088587 | 2 | 4.08708696 | Botella |
| 2 | 3 | 5.1088587 | 2 | 4.08708696 | Botella |
| 3 | 3 | 2.07490404 | 1 | 2.07490404 | Prisma |

- Tabla de control de puntales

| Puntal | Nudo Inicial | wi(mm) | Nudo Final | wf(mm) | Tipo | Bs | fce(Mpa) | Fu(N) | ws(mm) |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|----|----------|-------------|------------|
| 1 | 1 | 5.1088587 | 2 | 4.08708696 | Botella | 1 | 178.5 | 5471.58767 | 4.08708696 |
| 2 | 3 | 5.1088587 | 2 | 4.08708696 | Botella | 1 | 178.5 | 5471.58767 | 4.08708696 |
| 3 | 3 | 2.07490404 | 1 | 2.07490404 | Prismatico | 1 | 178.5 | -2222.22222 | 1.65992323 |

- Tabla de fuerzas

| | Fu(N) |
|---|-------------|
| 1 | 5471.58767 |
| 2 | -5471.58767 |
| 3 | 5471.58767 |
| 4 | -5471.58767 |
| 5 | -2222.22222 |
| 6 | 2222.22222 |

- Tabla de refuerzos en tensores

| N° de Barra | Fu(N) | phi | fy(Mpa) | Ats(cm2) | Diametro | Abarra(cm2) | N° Barras |
|-------------|-------------|------|---------|------------|----------|-------------|-----------|
| 3 | -2222.22222 | 0.75 | 4200 | 0.70546737 | 03-Ago | 0.71255739 | 1 |

- Tabla de refuerzos para agrietamiento

| N° de Puntal | Angulo | Ah(cm2) | S1(mm) | Av(cm2) | S2(mm) | ph | pv | pt | observacion |
|--------------|------------|---------|--------|---------|--------|----|------------|------------|-------------|
| 1 | 1.152572 | 0 | 30 | 3/8 | 16 | 0 | 0.00274061 | 0.00274061 | - |
| 2 | 1.98902066 | 0 | 30 | 3/8 | 16 | 0 | 0.00274061 | 0.00274061 | - |



DATOS EXPORTADOS DE LA MENSULA 01 (MS01)

- Tabla control de Nudos

| Nodo | Fu(N) | Tipo | Bn | fce(Mpa) | wn(mm) |
|------|-------------|------|-----|----------|------------|
| 1 | 26970.2637 | CTT | 0.6 | 178.5 | 6.71528508 |
| 1 | -15119.0476 | CTT | 0.6 | 178.5 | 3.76446875 |
| 2 | -15119.0476 | CTT | 0.6 | 178.5 | 3.76446875 |
| 2 | 29559.1881 | CTT | 0.6 | 178.5 | 7.35989744 |
| 2 | -25400 | CTT | 0.6 | 178.5 | 6.3243075 |
| 3 | 26970.2637 | CCT | 0.8 | 238 | 5.03646381 |
| 3 | 29559.1881 | CCT | 0.8 | 238 | 5.51992308 |
| 3 | -5000 | CCT | 0.8 | 238 | 0.93370682 |
| 4 | -25400 | CTT | 0.6 | 178.5 | 6.3243075 |
| 4 | -5000 | CTT | 0.6 | 178.5 | 1.24494242 |

- Tabla de anchos máximos

| Barras | Nudo Inicial | wi(mm) | Nudo Final | wf(mm) | Tipo |
|--------|--------------|------------|------------|------------|---------|
| 1 | 1 | 6.71528508 | 3 | 5.03646381 | Botella |
| 2 | 1 | 3.76446875 | 2 | 3.76446875 | Prisma |
| 3 | 3 | 5.88791795 | 2 | 7.35989744 | Botella |
| 4 | 2 | 6.3243075 | 4 | 6.3243075 | Prisma |
| 5 | 3 | 0.93370682 | 4 | 1.24494242 | Botella |

- Tabla de control de puntales

| Puntal | Nudo Inicial | wi(mm) | Nudo Final | wf(mm) | Tipo | Bs | fce(Mpa) | Fu(N) | ws(mm) |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------|----------|-------------|------------|
| 1 | 1 | 6.71528508 | 3 | 5.03646381 | Botella | 1 | 297.5 | 26970.2637 | 4.02917105 |
| 2 | 1 | 3.76446875 | 2 | 3.76446875 | Prismatico | 1 | 297.5 | -15119.0476 | 2.25868125 |
| 3 | 3 | 5.51992308 | 2 | 7.35989744 | Botella | 0.75 | 223.125 | 29559.1881 | 5.88791795 |
| 4 | 2 | 6.3243075 | 4 | 6.3243075 | Prismatico | 1 | 297.5 | -25400 | 3.7945845 |
| 5 | 3 | 0.93370682 | 4 | 1.24494242 | Botella | 1 | 297.5 | -5000 | 0.74696545 |

- Tabla de fuerzas

| | Fu(N) |
|----|-------------|
| 1 | 26970.2637 |
| 2 | -26970.2637 |
| 3 | -15119.0476 |
| 4 | 15119.0476 |
| 5 | 29559.1881 |
| 6 | -29559.1881 |
| 7 | -25400 |
| 8 | 25400 |
| 9 | -5000 |
| 10 | 5000 |



- Tabla de refuerzos en tensores

| N° de Barra | Fu(N) | phi | fy(Mpa) | Ats(cm2) | Diametro | Abarra(cm2) | N° Barras |
|-------------|-------------|------|---------|------------|----------|-------------|-----------|
| 2 | -15119.0476 | 0.75 | 4200 | 4.79969766 | 01-Feb | 1.2667687 | 4 |
| 4 | -25400 | 0.75 | 4200 | 8.06349206 | 01-Feb | 1.2667687 | 7 |
| 5 | -5000 | 0.75 | 4200 | 1.58730159 | 03-Ago | 0.71255739 | 3 |

- Tabla de refuerzos para agrietamiento

| N° de Punta | Angulo | Ah(cm2) | S1(mm) | Av(cm2) | S2(mm) | ph | pv | pt | observacion |
|-------------|-------------|---------|--------|---------|--------|------------|----|------------|-------------|
| 1 | -1.18619161 | 3/8 | 12 | 0 | 30 | 0.00281802 | 0 | 0.00281802 | - |
| 3 | 1.03388558 | 3/8 | 12 | 0 | 30 | 0.00248154 | 0 | 0.00248154 | - |

DATOS EXPORTADOS DE LA PLACA (PL)

- Tabla control de Nudos

| Nodo | Fu(N) | Tipo | Bn | fce(Mpa) | wn(mm) |
|------|-------------|------|-----|----------|------------|
| 1 | 53653.0978 | CCT | 0.8 | 190.4 | 15.0288789 |
| 1 | 2435.39853 | CCT | 0.8 | 190.4 | 0.68218446 |
| 1 | -4390.47715 | CCT | 0.8 | 190.4 | 1.22982553 |
| 2 | 53653.0978 | CTT | 0.6 | 142.8 | 20.0385052 |
| 2 | -17587.5224 | CTT | 0.6 | 142.8 | 6.56863581 |
| 2 | -44525.3876 | CTT | 0.6 | 142.8 | 16.6294632 |
| 2 | 44525.3876 | CTT | 0.6 | 142.8 | 16.6294632 |
| 3 | -17587.5224 | CTT | 0.6 | 142.8 | 6.56863581 |
| 3 | 21137.5712 | CTT | 0.6 | 142.8 | 7.89451774 |
| 3 | -11725.0149 | CTT | 0.6 | 142.8 | 4.37909054 |
| 4 | 2435.39853 | CTT | 0.6 | 142.8 | 0.90957928 |
| 4 | -23639.145 | CTT | 0.6 | 142.8 | 8.82881233 |
| 4 | -29083.4615 | CTT | 0.6 | 142.8 | 10.8621705 |
| 4 | 39398.575 | CTT | 0.6 | 142.8 | 14.7146872 |
| 5 | -4390.47715 | CTT | 0.6 | 142.8 | 1.63976737 |
| 5 | -44525.3876 | CTT | 0.6 | 142.8 | 16.6294632 |
| 5 | -23639.145 | CTT | 0.6 | 142.8 | 8.82881233 |
| 5 | 8328.06728 | CTT | 0.6 | 142.8 | 3.11038928 |
| 5 | -29150.6311 | CTT | 0.6 | 142.8 | 10.8872572 |
| 6 | 44525.3876 | CCC | 1 | 238 | 9.9776779 |
| 6 | 21137.5712 | CCC | 1 | 238 | 4.73671064 |
| 6 | 8328.06728 | CCC | 1 | 238 | 1.86623357 |
| 6 | 26360.855 | CCC | 1 | 238 | 5.9071944 |
| 6 | 38440.2475 | CCC | 1 | 238 | 8.61406106 |
| 7 | -11725.0149 | CTT | 0.6 | 142.8 | 4.37909054 |
| 7 | 26360.855 | CTT | 0.6 | 142.8 | 9.845324 |
| 7 | -43934.7583 | CTT | 0.6 | 142.8 | 16.4088733 |
| 7 | 23422.7917 | CTT | 0.6 | 142.8 | 8.74800812 |
| 8 | -29083.4615 | CTT | 0.6 | 142.8 | 10.8621705 |
| 8 | -23639.145 | CTT | 0.6 | 142.8 | 8.82881233 |
| 8 | -60602.3215 | CTT | 0.6 | 142.8 | 22.6339203 |
| 8 | 39398.575 | CTT | 0.6 | 142.8 | 14.7146872 |



| | | | | | |
|----|-------------|-----|-----|-------|------------|
| 9 | 39398.575 | CTT | 0.6 | 142.8 | 14.7146872 |
| 9 | -29150.6311 | CTT | 0.6 | 142.8 | 10.8872572 |
| 9 | -23639.145 | CTT | 0.6 | 142.8 | 8.82881233 |
| 9 | 2368.2289 | CTT | 0.6 | 142.8 | 0.88449259 |
| 10 | 38440.2475 | CCT | 0.8 | 190.4 | 10.7675763 |
| 10 | -43934.7583 | CCT | 0.8 | 190.4 | 12.306655 |
| 10 | 26360.855 | CCT | 0.8 | 190.4 | 7.383993 |
| 10 | 3292.44082 | CCT | 0.8 | 190.4 | 0.92225233 |
| 11 | 23422.7917 | CCT | 0.8 | 190.4 | 6.56100609 |
| 11 | 26360.855 | CCT | 0.8 | 190.4 | 7.383993 |
| 11 | -43934.7583 | CCT | 0.8 | 190.4 | 12.306655 |
| 11 | 58570.5984 | CCT | 0.8 | 190.4 | 16.4063301 |
| 12 | 39398.575 | CCT | 0.8 | 190.4 | 11.0360154 |
| 12 | 2368.2289 | CCT | 0.8 | 190.4 | 0.66336944 |
| 12 | -782.618118 | CCT | 0.8 | 190.4 | 0.21922076 |
| 12 | 6704.56563 | CCT | 0.8 | 190.4 | 1.87802959 |
| 12 | 41624.2903 | CCT | 0.8 | 190.4 | 11.6594651 |
| 13 | 3292.44082 | CTT | 0.6 | 142.8 | 1.22966977 |
| 13 | -43934.7583 | CTT | 0.6 | 142.8 | 16.4088733 |
| 13 | -782.618118 | CTT | 0.6 | 142.8 | 0.29229435 |
| 13 | -40872.7841 | CTT | 0.6 | 142.8 | 15.2652788 |
| 13 | -4446.27307 | CTT | 0.6 | 142.8 | 1.66060619 |
| 14 | -60602.3215 | CTT | 0.6 | 142.8 | 22.6339203 |
| 14 | 6704.56563 | CTT | 0.6 | 142.8 | 2.50403945 |
| 14 | -29760.1182 | CTT | 0.6 | 142.8 | 11.1148901 |
| 14 | -82352.9412 | CTT | 0.6 | 142.8 | 30.757401 |
| 14 | 36044.5895 | CTT | 0.6 | 142.8 | 13.4620316 |
| 15 | 41624.2903 | CTT | 0.6 | 142.8 | 15.5459534 |
| 15 | -40872.7841 | CTT | 0.6 | 142.8 | 15.2652788 |
| 15 | -29760.1182 | CTT | 0.6 | 142.8 | 11.1148901 |
| 15 | 28574.1225 | CTT | 0.6 | 142.8 | 10.6719412 |
| 15 | 531.395143 | CTT | 0.6 | 142.8 | 0.19846691 |
| 16 | 58570.5984 | CTT | 0.6 | 142.8 | 21.8751068 |
| 16 | -4446.27307 | CTT | 0.6 | 142.8 | 1.66060619 |
| 16 | 28574.1225 | CTT | 0.6 | 142.8 | 10.6719412 |
| 16 | -36775.5187 | CTT | 0.6 | 142.8 | 13.735021 |
| 16 | 82352.9412 | CTT | 0.6 | 142.8 | 30.757401 |
| 17 | -82352.9412 | CTT | 0.6 | 142.8 | 30.757401 |
| 17 | -25000 | CTT | 0.6 | 142.8 | 9.33706816 |
| 18 | 36044.5895 | CTT | 0.6 | 142.8 | 13.4620316 |
| 18 | 531.395143 | CTT | 0.6 | 142.8 | 0.19846691 |
| 18 | -36775.5187 | CTT | 0.6 | 142.8 | 13.735021 |
| 18 | -25000 | CTT | 0.6 | 142.8 | 9.33706816 |
| 18 | 25000 | CTT | 0.6 | 142.8 | 9.33706816 |
| 19 | 82352.9412 | CCC | 1 | 238 | 18.4544406 |
| 19 | 25000 | CCC | 1 | 238 | 5.6022409 |



- Tabla de anchos máximos

| Barras | Nudo Inicial | wi(mm) | Nudo Final | wf(mm) | Tipo |
|--------|--------------|------------|------------|------------|---------|
| 1 | 1 | 15.0288789 | 2 | 20.0385052 | Botella |
| 2 | 2 | 6.56863581 | 3 | 6.56863581 | Prisma |
| 3 | 4 | 0.90957928 | 1 | 0.68218446 | Botella |
| 4 | 1 | 1.3118139 | 5 | 1.63976737 | Botella |
| 5 | 5 | 16.6294632 | 2 | 16.6294632 | Prisma |
| 6 | 2 | 16.6294632 | 6 | 13.3035705 | Botella |
| 7 | 6 | 6.31561419 | 3 | 7.89451774 | Botella |
| 8 | 3 | 4.37909054 | 7 | 4.37909054 | Prisma |
| 9 | 4 | 8.82881233 | 5 | 8.82881233 | Prisma |
| 10 | 5 | 3.11038928 | 6 | 1.86623357 | Botella |
| 11 | 6 | 7.8762592 | 7 | 9.845324 | Botella |
| 12 | 4 | 10.8621705 | 8 | 10.8621705 | Prisma |
| 13 | 4 | 14.7146872 | 9 | 14.7146872 | Prisma |
| 14 | 5 | 10.8872572 | 9 | 10.8872572 | Prisma |
| 15 | 6 | 8.61406106 | 10 | 10.7675763 | Botella |
| 16 | 7 | 16.4088733 | 10 | 13.1270987 | Botella |
| 17 | 7 | 8.74800812 | 11 | 6.56100609 | Botella |
| 18 | 8 | 8.82881233 | 9 | 8.82881233 | Prisma |
| 19 | 10 | 7.8762592 | 11 | 7.8762592 | Prisma |
| 20 | 8 | 22.6339203 | 14 | 22.6339203 | Prisma |
| 21 | 8 | 14.7146872 | 12 | 11.7717498 | Botella |
| 22 | 9 | 0.88449259 | 12 | 0.66336944 | Botella |
| 23 | 10 | 0.92225233 | 13 | 1.22966977 | Botella |
| 24 | 13 | 16.4088733 | 11 | 13.1270987 | Botella |
| 25 | 11 | 16.4063301 | 16 | 21.8751068 | Botella |
| 26 | 12 | 0.21922076 | 13 | 0.29229435 | Botella |
| 27 | 12 | 2.00323156 | 14 | 2.50403945 | Botella |
| 28 | 12 | 12.4367627 | 15 | 15.5459534 | Botella |
| 29 | 15 | 15.2652788 | 13 | 15.2652788 | Prisma |
| 30 | 13 | 1.66060619 | 16 | 1.66060619 | Prisma |
| 31 | 14 | 11.1148901 | 15 | 11.1148901 | Prisma |
| 32 | 15 | 10.6719412 | 16 | 10.6719412 | Prisma |
| 33 | 14 | 30.757401 | 17 | 30.757401 | Prisma |
| 34 | 14 | 13.4620316 | 18 | 13.4620316 | Prisma |
| 35 | 15 | 0.19846691 | 18 | 0.19846691 | Prisma |
| 36 | 18 | 13.735021 | 16 | 13.735021 | Prisma |
| 37 | 19 | 18.4544406 | 16 | 30.757401 | Botella |
| 38 | 17 | 9.33706816 | 18 | 9.33706816 | Prisma |
| 39 | 18 | 9.33706816 | 19 | 5.6022409 | Botella |



- Tabla de control de puntales

| Puntal | Nudo Inicial | wi(mm) | Nudo Final | wf(mm) | Tipo | Bs | fce(Mpa) | Fu(N) | ws(mm) |
|--------|--------------|------------|------------|------------|------------|------|----------|-------------|------------|
| 1 | 1 | 15.0288789 | 2 | 20.0385052 | Botella | 1 | 238 | 53653.0978 | 12.0231031 |
| 2 | 2 | 6.56863581 | 3 | 6.56863581 | Prismatico | 1 | 238 | -17587.5224 | 3.94118148 |
| 3 | 4 | 0.90957928 | 1 | 0.68218446 | Botella | 1 | 238 | 2435.39853 | 0.54574757 |
| 4 | 1 | 1.22982553 | 5 | 1.63976737 | Botella | 0.75 | 178.5 | -4390.47715 | 1.3118139 |
| 5 | 5 | 16.6294632 | 2 | 16.6294632 | Prismatico | 0.75 | 178.5 | -44525.3876 | 13.3035705 |
| 6 | 2 | 16.6294632 | 6 | 9.9776779 | Botella | 0.75 | 178.5 | 44525.3876 | 13.3035705 |
| 7 | 6 | 4.73671064 | 3 | 7.89451774 | Botella | 0.75 | 178.5 | 21137.5712 | 6.31561419 |
| 8 | 3 | 4.37909054 | 7 | 4.37909054 | Prismatico | 1 | 238 | -11725.0149 | 2.62745432 |
| 9 | 4 | 8.82881233 | 5 | 8.82881233 | Prismatico | 0.75 | 178.5 | -23639.145 | 7.06304986 |
| 10 | 5 | 3.11038928 | 6 | 1.86623357 | Botella | 1 | 238 | 8328.06728 | 1.86623357 |
| 11 | 6 | 5.9071944 | 7 | 9.845324 | Botella | 0.75 | 178.5 | 26360.855 | 7.8762592 |
| 12 | 4 | 10.8621705 | 8 | 10.8621705 | Prismatico | 1 | 238 | -29083.4615 | 6.51730229 |
| 13 | 4 | 14.7146872 | 9 | 14.7146872 | Prismatico | 0.75 | 178.5 | 39398.575 | 11.7717498 |
| 14 | 5 | 10.8872572 | 9 | 10.8872572 | Prismatico | 1 | 238 | -29150.6311 | 6.53235431 |
| 15 | 6 | 8.61406106 | 10 | 10.7675763 | Botella | 1 | 238 | 38440.2475 | 8.61406106 |
| 16 | 7 | 16.4088733 | 10 | 12.306655 | Botella | 0.75 | 178.5 | -43934.7583 | 13.1270987 |
| 17 | 7 | 8.74800812 | 11 | 6.56100609 | Botella | 1 | 238 | 23422.7917 | 5.24880487 |
| 18 | 8 | 8.82881233 | 9 | 8.82881233 | Prismatico | 0.75 | 178.5 | -23639.145 | 7.06304986 |
| 19 | 10 | 7.383993 | 11 | 7.383993 | Prismatico | 0.75 | 178.5 | 26360.855 | 7.8762592 |
| 20 | 8 | 22.6339203 | 14 | 22.6339203 | Prismatico | 1 | 238 | -60602.3215 | 13.5803522 |
| 21 | 8 | 14.7146872 | 12 | 11.0360154 | Botella | 0.75 | 178.5 | 39398.575 | 11.7717498 |
| 22 | 9 | 0.88449259 | 12 | 0.66336944 | Botella | 1 | 238 | 2368.2289 | 0.53069555 |
| 23 | 10 | 0.92225233 | 13 | 1.22966977 | Botella | 1 | 238 | 3292.44082 | 0.73780186 |
| 24 | 13 | 16.4088733 | 11 | 12.306655 | Botella | 0.75 | 178.5 | -43934.7583 | 13.1270987 |
| 25 | 11 | 16.4063301 | 16 | 21.8751068 | Botella | 1 | 238 | 58570.5984 | 13.1250641 |
| 26 | 12 | 0.21922076 | 13 | 0.29229435 | Botella | 1 | 238 | -782.618118 | 0.17537661 |
| 27 | 12 | 1.87802959 | 14 | 2.50403945 | Botella | 0.75 | 178.5 | 6704.56563 | 2.00323156 |
| 28 | 12 | 11.6594651 | 15 | 15.5459534 | Botella | 0.75 | 178.5 | 41624.2903 | 12.4367627 |
| 29 | 15 | 15.2652788 | 13 | 15.2652788 | Prismatico | 0.75 | 178.5 | -40872.7841 | 12.2122231 |
| 30 | 13 | 1.66060619 | 16 | 1.66060619 | Prismatico | 0.75 | 178.5 | -4446.27307 | 1.32848495 |
| 31 | 14 | 11.1148901 | 15 | 11.1148901 | Prismatico | 0.75 | 178.5 | -29760.1182 | 8.89191208 |
| 32 | 15 | 10.6719412 | 16 | 10.6719412 | Prismatico | 0.75 | 178.5 | 28574.1225 | 8.53755295 |
| 33 | 14 | 30.757401 | 17 | 30.757401 | Prismatico | 1 | 238 | -82352.9412 | 18.4544406 |
| 34 | 14 | 13.4620316 | 18 | 13.4620316 | Prismatico | 0.75 | 178.5 | 36044.5895 | 10.7696253 |
| 35 | 15 | 0.19846691 | 18 | 0.19846691 | Prismatico | 0.75 | 178.5 | 531.395143 | 0.15877353 |
| 36 | 18 | 13.735021 | 16 | 13.735021 | Prismatico | 0.75 | 178.5 | -36775.5187 | 10.9880168 |
| 37 | 19 | 18.4544406 | 16 | 30.757401 | Botella | 1 | 238 | 82352.9412 | 18.4544406 |
| 38 | 17 | 9.33706816 | 18 | 9.33706816 | Prismatico | 1 | 238 | -25000 | 5.6022409 |
| 39 | 18 | 9.33706816 | 19 | 5.6022409 | Botella | 1 | 238 | 25000 | 5.6022409 |



- Tabla de fuerzas

| | Fu(N) | | | | |
|----|-------------|----|-------------|----|-------------|
| 1 | 53653.0978 | 27 | -29150.6311 | 53 | 6704.56563 |
| 2 | -53653.0978 | 28 | 29150.6311 | 54 | -6704.56563 |
| 3 | -17587.5224 | 29 | 38440.2475 | 55 | 41624.2903 |
| 4 | 17587.5224 | 30 | -38440.2475 | 56 | -41624.2903 |
| 5 | 2435.39853 | 31 | -43934.7583 | 57 | -40872.7841 |
| 6 | -2435.39853 | 32 | 43934.7583 | 58 | 40872.7841 |
| 7 | -4390.47715 | 33 | 23422.7917 | 59 | -4446.27307 |
| 8 | 4390.47715 | 34 | -23422.7917 | 60 | 4446.27307 |
| 9 | -44525.3876 | 35 | -23639.145 | 61 | -29760.1182 |
| 10 | 44525.3876 | 36 | 23639.145 | 62 | 29760.1182 |
| 11 | 44525.3876 | 37 | 26360.855 | 63 | 28574.1225 |
| 12 | -44525.3876 | 38 | -26360.855 | 64 | -28574.1225 |
| 13 | 21137.5712 | 39 | -60602.3215 | 65 | -82352.9412 |
| 14 | -21137.5712 | 40 | 60602.3215 | 66 | 82352.9412 |
| 15 | -11725.0149 | 41 | 39398.575 | 67 | 36044.5895 |
| 16 | 11725.0149 | 42 | -39398.575 | 68 | -36044.5895 |
| 17 | -23639.145 | 43 | 2368.2289 | 69 | 531.395143 |
| 18 | 23639.145 | 44 | -2368.2289 | 70 | -531.395143 |
| 19 | 8328.06728 | 45 | 3292.44082 | 71 | -36775.5187 |
| 20 | -8328.06728 | 46 | -3292.44082 | 72 | 36775.5187 |
| 21 | 26360.855 | 47 | -43934.7583 | 73 | 82352.9412 |
| 22 | -26360.855 | 48 | 43934.7583 | 74 | -82352.9412 |
| 23 | -29083.4615 | 49 | 58570.5984 | 75 | -25000 |
| 24 | 29083.4615 | 50 | -58570.5984 | 76 | 25000 |
| 25 | 39398.575 | 51 | -782.618118 | 77 | 25000 |
| 26 | -39398.575 | 52 | 782.618118 | 78 | -25000 |

- Tabla de refuerzos en tensores

| N° de Barra | Fu(N) | phi | fy(Mpa) | Ats(cm2) | Diametro | Abarra(cm2) | N° Barras |
|-------------|-------------|------|---------|------------|----------|-------------|-----------|
| 2 | -17587.5224 | 0.75 | 4200 | 5.58334044 | 03-Abr | 2.85022957 | 2 |
| 4 | -4390.47715 | 0.75 | 4200 | 1.39380227 | 03-Ago | 0.71255739 | 2 |
| 5 | -44525.3876 | 0.75 | 4200 | 14.1350437 | 03-Abr | 2.85022957 | 5 |
| 8 | -11725.0149 | 0.75 | 4200 | 3.72222696 | 03-Ago | 0.71255739 | 6 |
| 9 | -23639.145 | 0.75 | 4200 | 7.50449048 | 03-Abr | 2.85022957 | 3 |
| 12 | -29083.4615 | 0.75 | 4200 | 9.23284491 | 1 | 5.06707479 | 2 |
| 14 | -29150.6311 | 0.75 | 4200 | 9.2541686 | 03-Abr | 2.85022957 | 4 |
| 16 | -43934.7583 | 0.75 | 4200 | 13.9475423 | 03-Abr | 2.85022957 | 5 |
| 18 | -23639.145 | 0.75 | 4200 | 7.50449048 | 03-Abr | 2.85022957 | 3 |
| 20 | -60602.3215 | 0.75 | 4200 | 19.2388322 | 1 | 5.06707479 | 4 |
| 24 | -43934.7583 | 0.75 | 4200 | 13.9475423 | 03-Abr | 2.85022957 | 5 |
| 26 | -782.618118 | 0.75 | 4200 | 0.2484502 | 03-Ago | 0.71255739 | 1 |
| 29 | -40872.7841 | 0.75 | 4200 | 12.975487 | 03-Abr | 2.85022957 | 5 |
| 30 | -4446.27307 | 0.75 | 4200 | 1.41151526 | 03-Ago | 0.71255739 | 2 |
| 31 | -29760.1182 | 0.75 | 4200 | 9.44765658 | 03-Abr | 2.85022957 | 4 |
| 33 | -82352.9412 | 0.75 | 4200 | 26.1437908 | 1 | 5.06707479 | 6 |
| 36 | -36775.5187 | 0.75 | 4200 | 11.6747679 | 03-Abr | 2.85022957 | 5 |
| 38 | -25000 | 0.75 | 4200 | 7.93650794 | 03-Abr | 2.85022957 | 3 |



- Tabla de refuerzos para agrietamiento

| N° de Puntal | Angulo | Ah(cm2) | S1(mm) | Av(cm2) | S2(mm) | ph | pv | pt | observacion |
|--------------|-------------|---------|--------|---------|--------|------------|------------|------------|-------------|
| 1 | 0 | 0 | 30 | 3/8 | 20 | 0 | 0.00285023 | 0.00285023 | - |
| 3 | 1.57079633 | 3/8 | 20 | 0 | 30 | 0.00285023 | 0 | 0.00285023 | - |
| 6 | -0.64350111 | 0 | 30 | 1/2 | 20 | 0 | 0.00289547 | 0.00289547 | - |
| 7 | 0.5880026 | 0 | 30 | 1/2 | 20 | 0 | 0.00304024 | 0.00304024 | - |
| 10 | 0 | 0 | 30 | 3/8 | 20 | 0 | 0.00285023 | 0.00285023 | - |
| 11 | 0 | 0 | 30 | 3/8 | 20 | 0 | 0.00285023 | 0.00285023 | - |
| 13 | -0.92729522 | 1/2 | 20 | 0 | 30 | 0.00289547 | 0 | 0.00289547 | - |
| 15 | -1.57079633 | 3/8 | 20 | 0 | 30 | 0.00285023 | 0 | 0.00285023 | - |
| 17 | -1.57079633 | 3/8 | 20 | 0 | 30 | 0.00285023 | 0 | 0.00285023 | - |
| 19 | 0 | 0 | 30 | 3/8 | 20 | 0 | 0.00285023 | 0.00285023 | - |
| 21 | -0.92729522 | 1/2 | 20 | 0 | 30 | 0.00289547 | 0 | 0.00289547 | - |
| 22 | -1.57079633 | 3/8 | 20 | 0 | 30 | 0.00285023 | 0 | 0.00285023 | - |
| 23 | -1.57079633 | 3/8 | 20 | 0 | 30 | 0.00285023 | 0 | 0.00285023 | - |
| 25 | -1.57079633 | 3/8 | 20 | 0 | 30 | 0.00285023 | 0 | 0.00285023 | - |
| 27 | -2.41495031 | 0 | 30 | 1/2 | 20 | 0 | 0.00268257 | 0.00268257 | - |
| 28 | -0.78539816 | 1/2 | 20 | 0 | 30 | 0.00253354 | 0 | 0.00253354 | - |
| 32 | 0 | 0 | 30 | 3/8 | 20 | 0 | 0.00285023 | 0.00285023 | - |
| 34 | -0.81396182 | 1/2 | 20 | 0 | 30 | 0.00260592 | 0 | 0.00260592 | - |
| 35 | -1.57079633 | 3/8 | 20 | 0 | 30 | 0.00285023 | 0 | 0.00285023 | - |
| 37 | 1.57079633 | 3/8 | 20 | 0 | 30 | 0.00285023 | 0 | 0.00285023 | - |
| 39 | 0 | 0 | 30 | 3/8 | 20 | 0 | 0.00285023 | 0.00285023 | - |

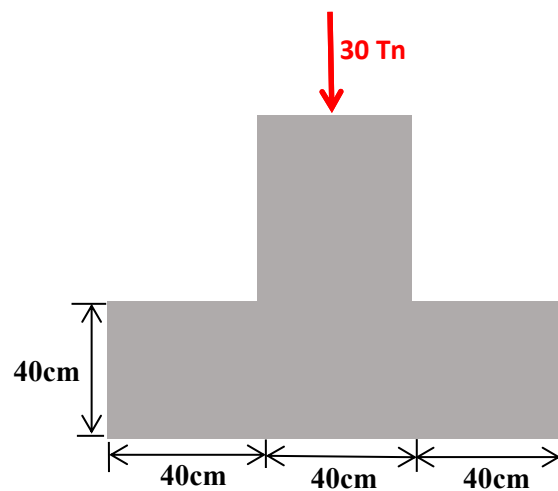


➤ CASO DE DISCUSION PARA DISEÑO DE ZAPATAS

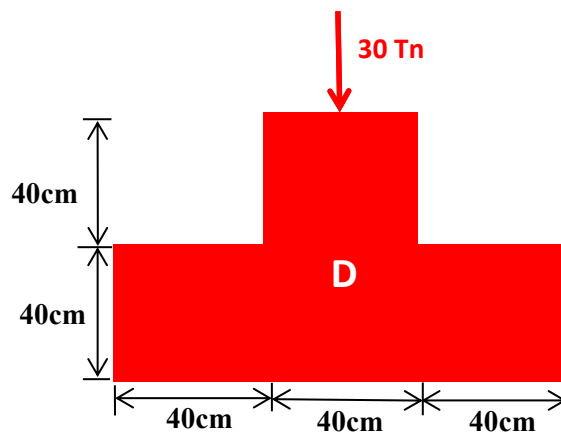
APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO EN ZAPATAS

SOLUCION ANALITICA

Sea la siguiente zapata aislada que soportara una sollicitación vertical (carga axial) de 30.00Tn proveniente de la columna de 40x40cm, también la dimensión de la zapata será de 120x120cm y $f'c=210\text{kg/cm}^2$. Se pide determinar la cantidad de refuerzo para la zapata.

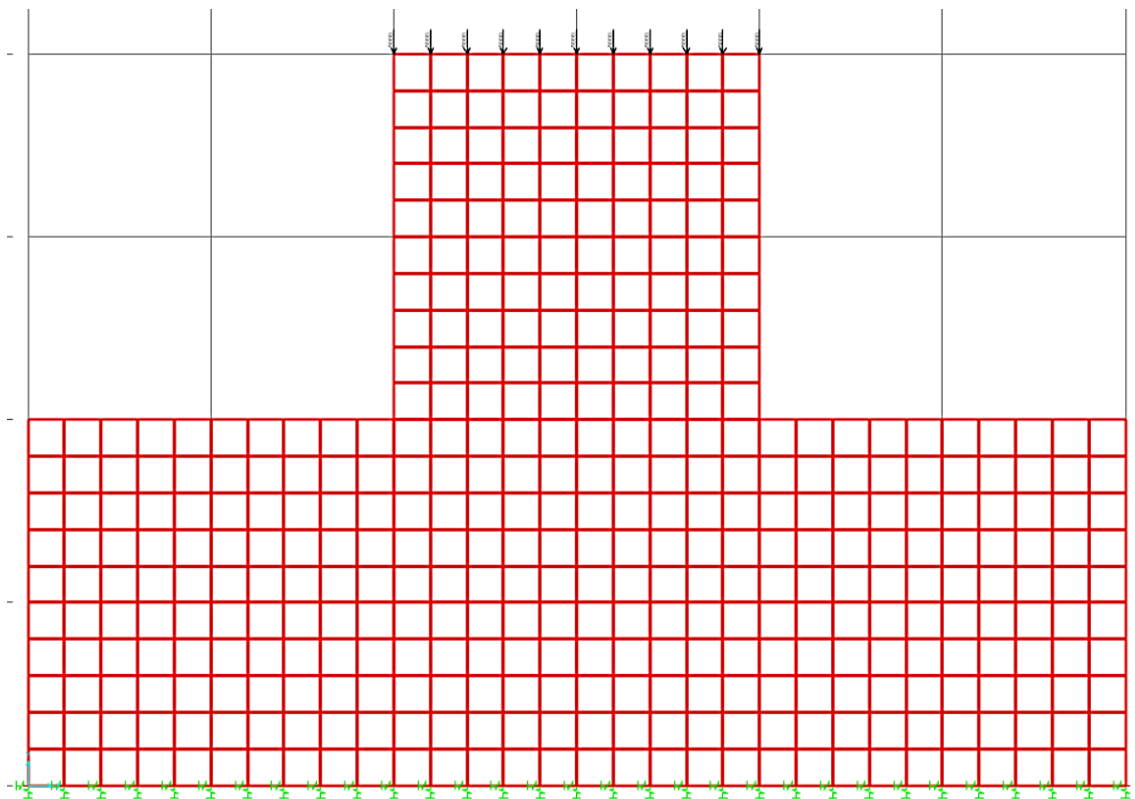


A. DEFINIMOS LAS ZONAS DE DISCONTINUIDAD O REGION D



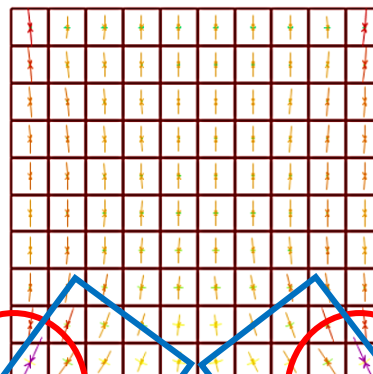


B. DEFINIMOS EL FLUJO DE TENSIONES INTERNAS

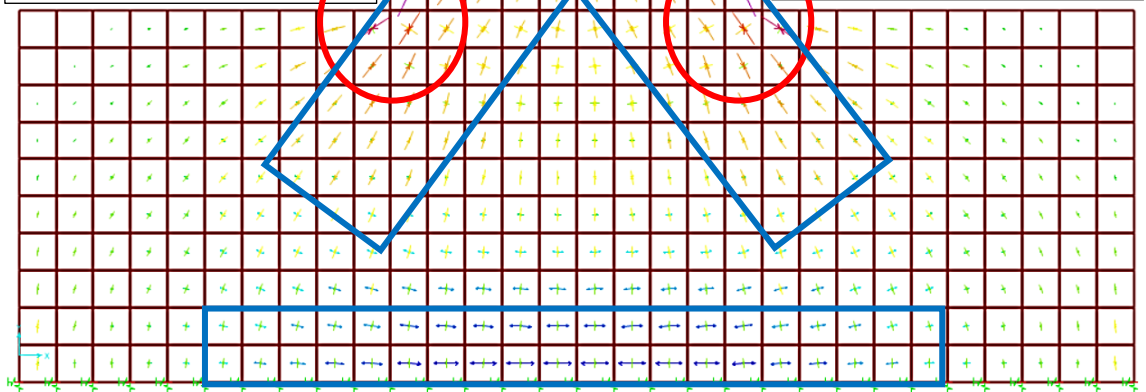


Según la trayectoria de tensiones internas en la región de discontinuidad se observa lo siguiente:

- Zonas de concentración de esfuerzos.
- Zonas bien definidas a tracción.
- Zonas bien definidas a compresión



Teniendo presente la trayectoria de tensiones internas en la región de discontinuidad se puede definir los puntales (zonas a compresión) y tensores (zonas a tracción), así plantear un modelo puntal tensor, para el diseño de esta región D.

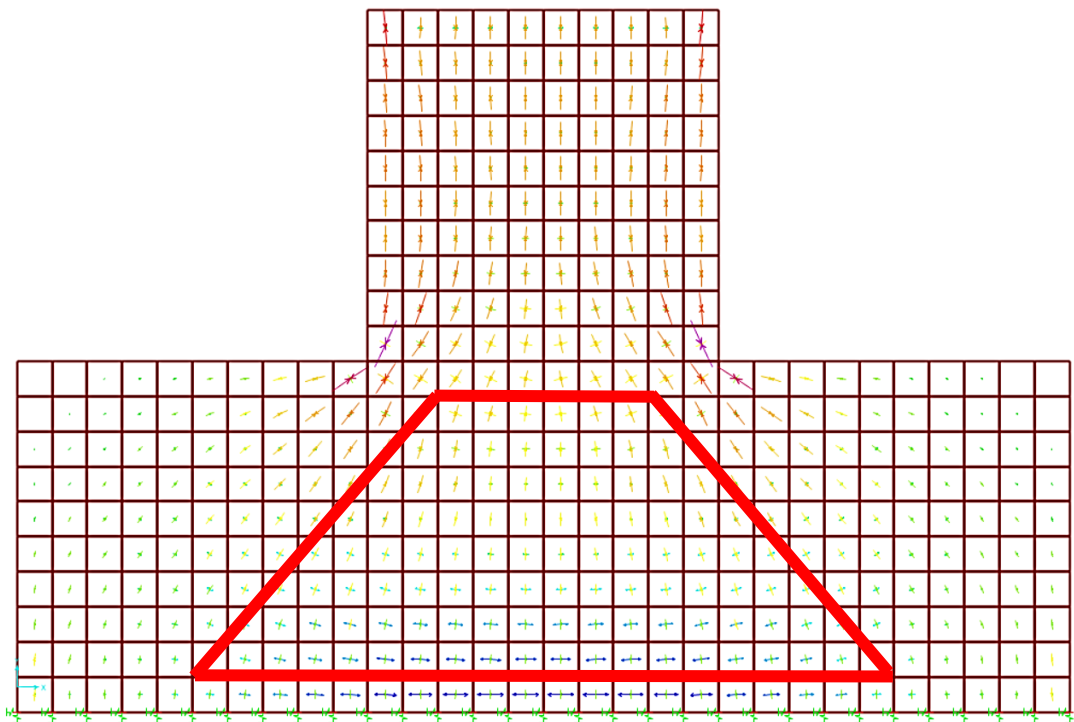
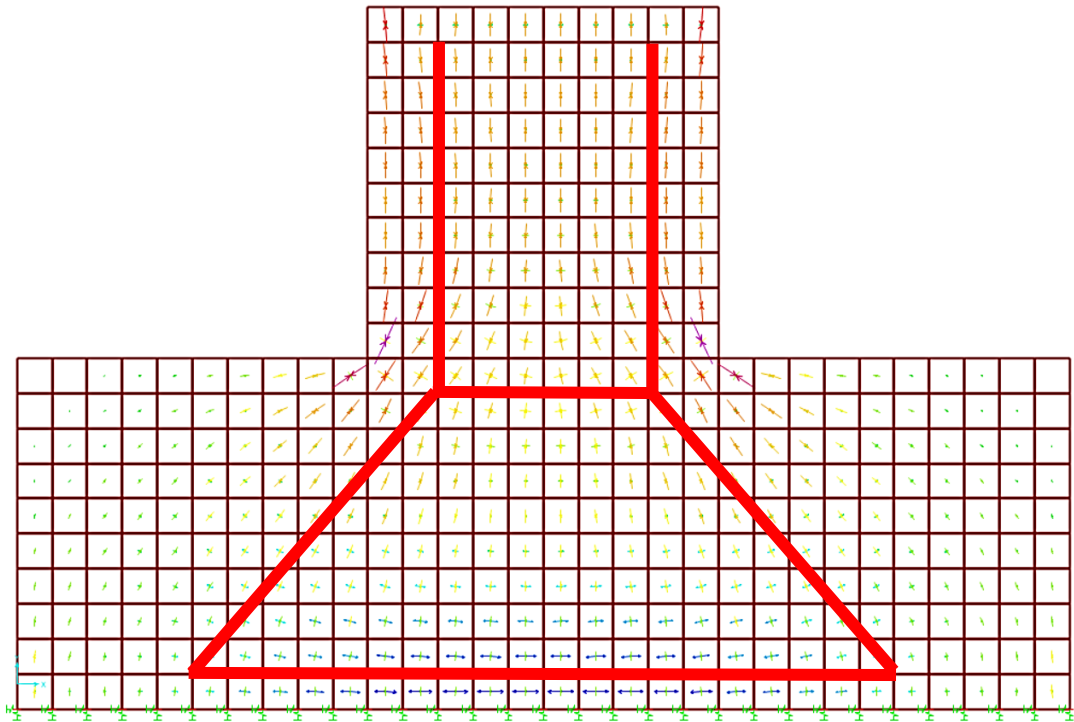




Para el diseño de esta región D para fuerzas axiales se observa los dos siguientes casos:

- Si se considera el modelo donde se incluye la configuración de la columna y zapata, los refuerzos obtenidos serán para para la columna y la zapata.
- Si se considera el modelo solo de la zapata, entonces se obtendrá solo el refuerzo necesario para la zapata.

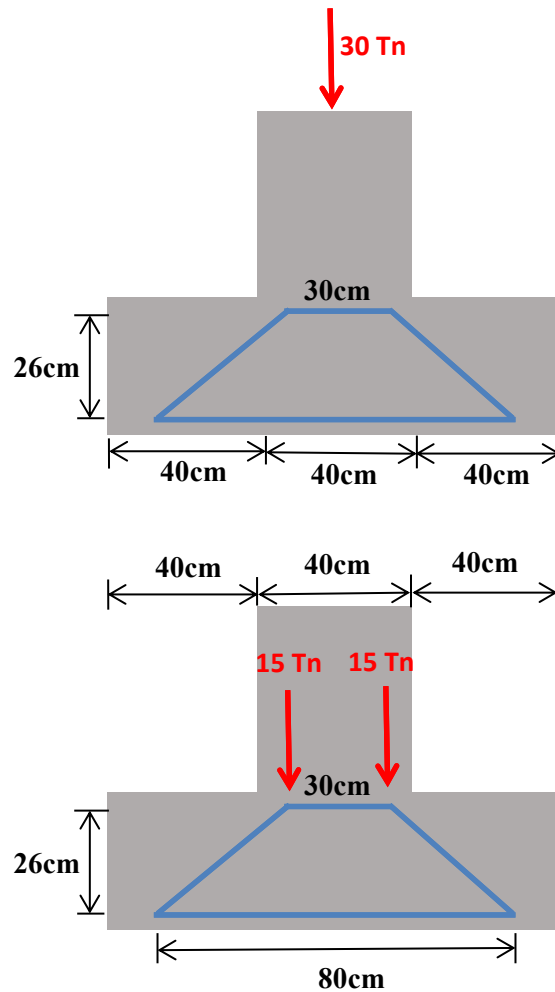
Como el objetivo es determinar los refuerzos en la zapata, consideramos el segundo modelo





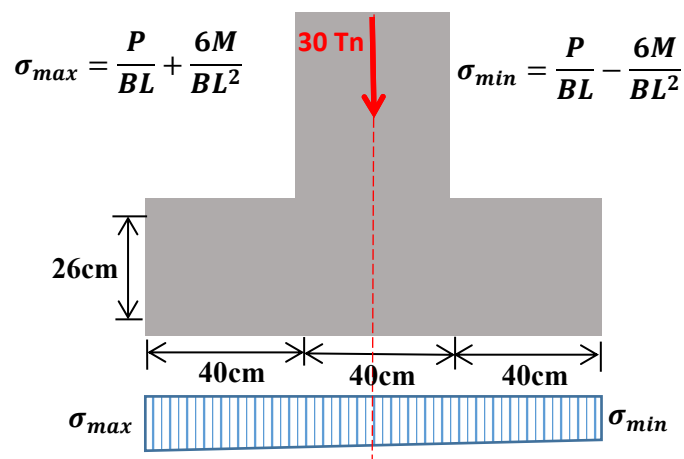
C. DEFINIMOS EL MODELO PUNTAL TENSOR

Como solo deseamos saber el refuerzo necesario para ménsula.



NOTA:

- Comportamiento típico en la base de la zapata debido a las sollicitaciones de la columna

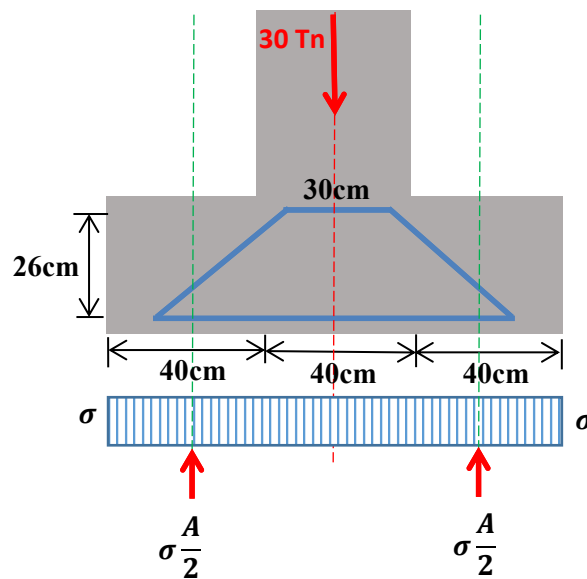
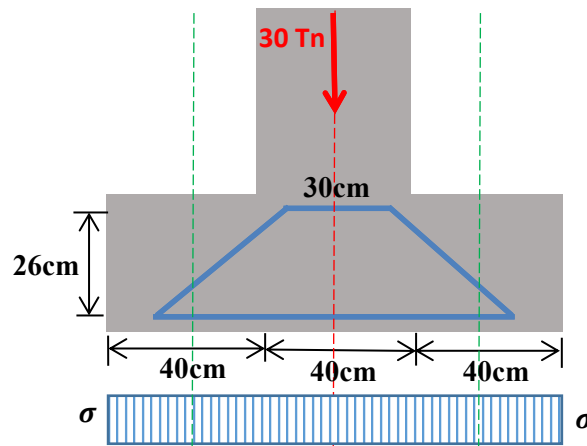




Como sabemos en este caso no hay momento flector, entonces las presiones en la base serán:

$$\sigma_{max} = \sigma_{min} = \frac{P}{BL} \rightarrow \sigma = \frac{P}{BL} = \frac{P}{A}$$

Entonces la resultante de presiones a cada mitad de la base será:

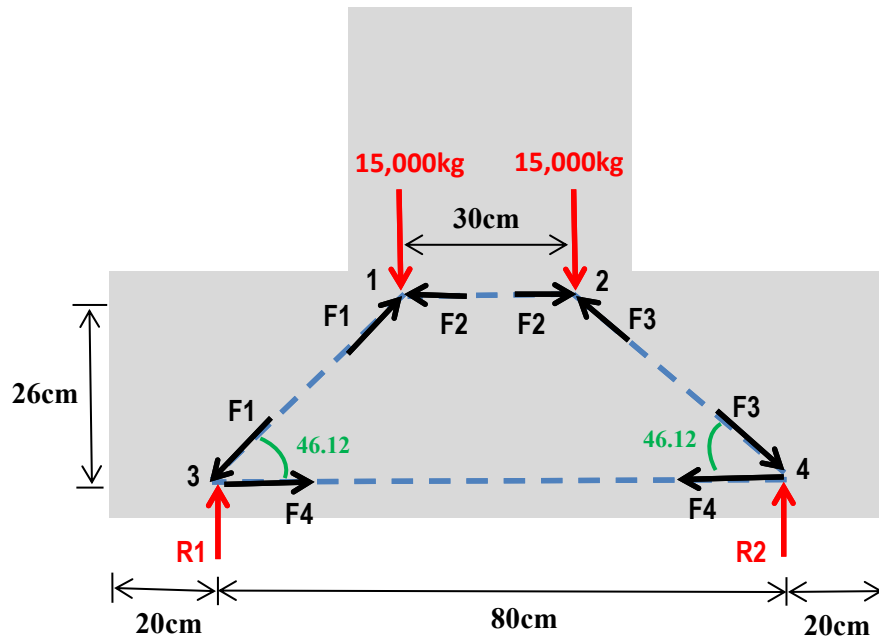


$$\sigma \frac{A}{2} = \frac{P A}{A 2} = \frac{P}{2}$$

Intuitivamente se puede afirmar que un apoyo en esos puntos va reaccionar con la mitad de la intensidad de la carga axial, entonces es apropiado para nuestro modelo puntal tensor asignar apoyos en tales puntos.



D. CALCULAMOS LAS FUERZAS EN CADA BARRA

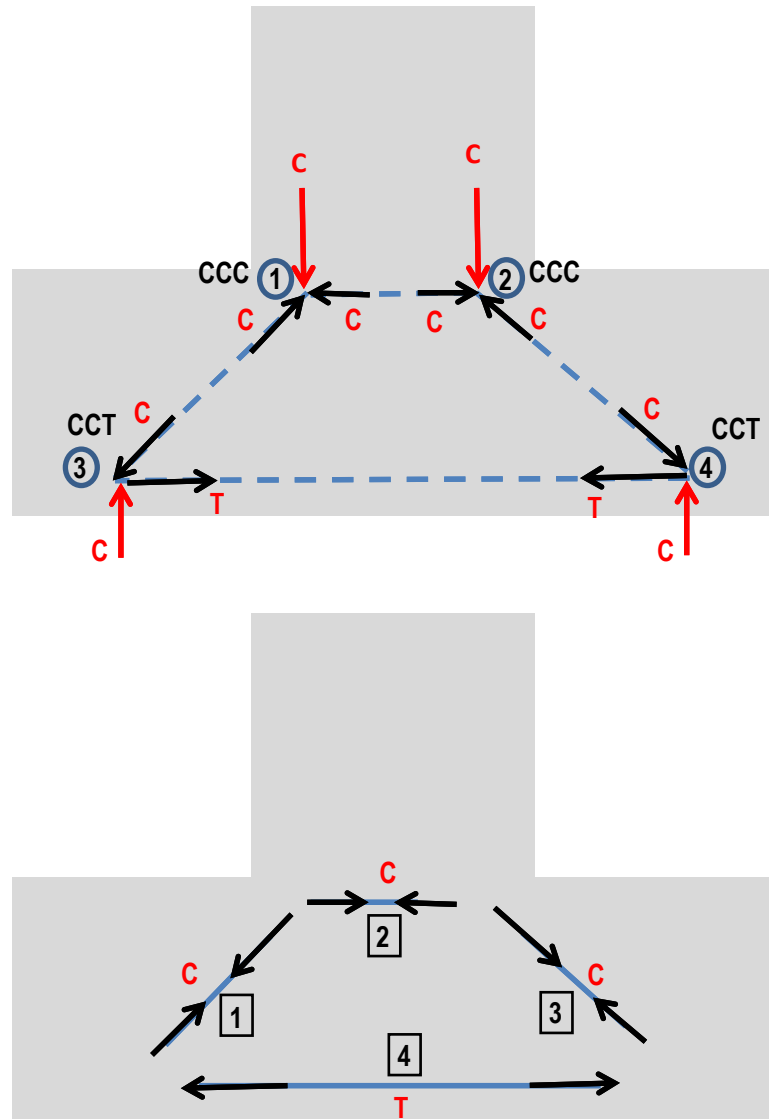


| | |
|---|--|
| <p>Nudo "1":</p> $F_1 \text{sen}46.12 = 15,000\text{kg}$ $F_1 = 20,810.41 \text{ kg}$ $F_1 \text{cos}46.12 = F_2$ $F_2 = 14,424.74 \text{ kg}$ | <p>Nudo "2":</p> $F_3 \text{sen}46.12 = 15,000$ $F_3 = 20,810.41 \text{ kg}$ |
| <p>Nudo "3":</p> $F_1 \text{cos}46.12 = F_4$ $F_4 = 14,424.74 \text{ kg}$ $R_1 = F_1 \text{sen}46.12$ $R_1 = 15,000.00\text{kg}$ | <p>Finalmente:</p> $F_1 = 20,810.41 \text{ kg}$ $F_2 = 14,424.74 \text{ kg}$ $F_3 = 20,810.41 \text{ kg}$ $F_4 = 14,424.74 \text{ kg}$ $R_1 = 15,000 \text{ kg}$ $R_2 = 15,000 \text{ kg}$ |



E. CONTROL DE NODOS

Sabemos del análisis que:



Sabemos que:

$$w_n \geq \frac{F_u}{\phi f_{ce} b}$$

$$f_{ce} = 0.85 \beta_n f'_c \quad , \quad b = 40 \text{ cm}$$

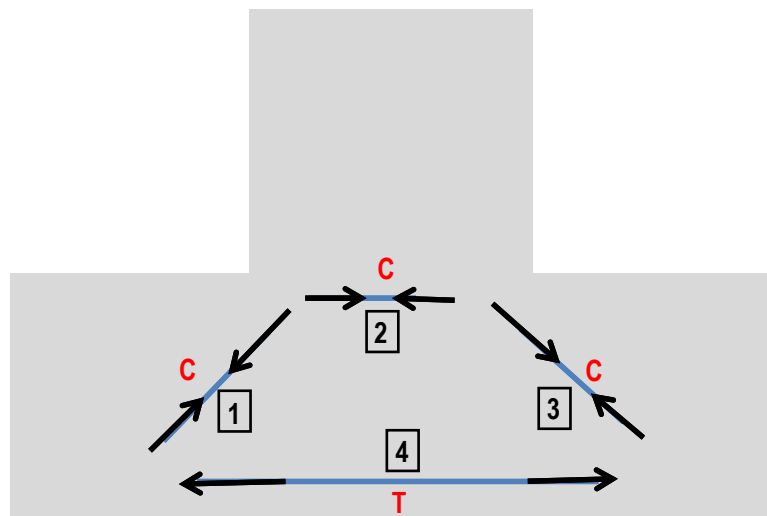
| BARRA | NODO INICIO | Fu(kg) | TIPO | Bn | fce(kg/cm2) | Wni(cm) |
|-------|-------------|-----------|------|------|-------------|---------|
| 1 | 1 | 20,810.41 | CCC | 1.00 | 178.50 | 3.89 |
| 2 | 1 | 14,424.74 | CCC | 1.00 | 178.50 | 2.69 |
| 3 | 4 | 20,810.41 | CCT | 0.80 | 142.80 | 4.86 |
| 4 | 3 | 14,424.74 | CCT | 0.80 | 142.80 | 3.37 |



| BARRA | NODO FINAL | Fu(kg) | TIPO | Bn | fce(kg/cm2) | Wnf(cm) |
|-------|------------|-----------|------|------|-------------|---------|
| 1 | 3 | 20,810.41 | CCT | 0.80 | 142.80 | 4.86 |
| 2 | 2 | 14,424.74 | CCC | 1.00 | 178.50 | 2.69 |
| 3 | 2 | 20,810.41 | CCC | 1.00 | 178.50 | 3.89 |
| 4 | 4 | 14,424.74 | CCT | 0.80 | 142.80 | 3.37 |

F. CONTROL DE PUNTALES

Sabemos del análisis que:



Sabemos que:

$$w_s \geq \frac{F_u}{\phi f_{ce} b} \quad , \quad w_t = \frac{F_u}{\phi f_{ce} b} \quad , \quad f_{ce} = 0.85 \beta_s f'_c \quad , \quad b = 40 \text{ cm}$$

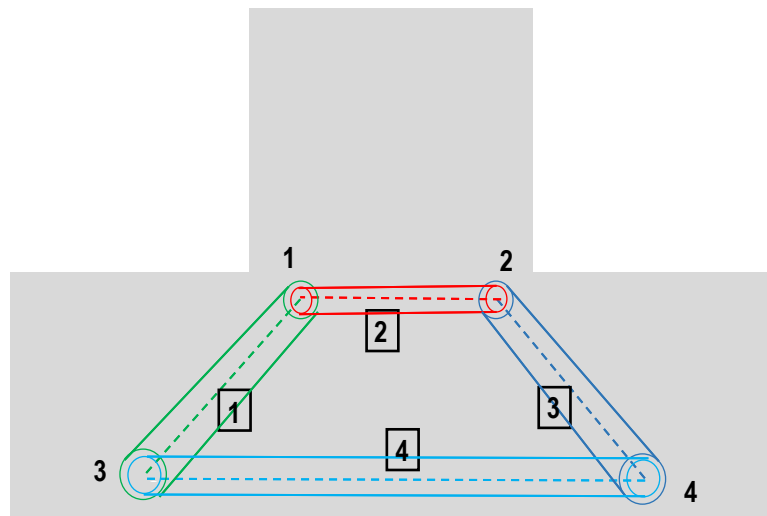
| Barra | Bs | fce(kg/cm2) | Fu(kg) | Ws(cm) |
|-------|------|-------------|-----------|--------|
| 1 | 1.00 | 178.50 | 20,810.41 | 3.89 |
| 2 | 1.00 | 178.50 | 14,424.74 | 2.69 |
| 3 | 1.00 | 178.50 | 20,810.41 | 3.89 |
| 4 | 1.00 | 178.50 | 14,424.74 | 2.69 |



G. GRÁFICO DE ZONAS NODALES

Los anchos máximos finales serán:

| BARRA | INICIO | Wi (cm) | FIN | Wf(cm) | TIPO | COLOR |
|-------|--------|---------|-----|--------|------------|---------|
| 1 | 1 | 3.89 | 3 | 4.86 | Botella | Rojo |
| 2 | 1 | 2.69 | 2 | 2.69 | Prismatico | Verde |
| 3 | 4 | 4.86 | 2 | 3.89 | Botella | Azul |
| 4 | 3 | 3.37 | 4 | 3.37 | Prismatico | Celeste |



Después de graficar, podemos observar que en los nodos 1, 2, 3 y 4 se encuentran con recubrimiento o área de concreto aceptable.

| Nodo | Espacio Libre |
|------|-----------------------------------|
| 1 | $5.0 - 3.89 / 2 = 3.06 \text{cm}$ |
| 2 | $5.0 - 3.89 / 2 = 3.06 \text{cm}$ |
| 3 | $7.5 - 4.86 / 2 = 5.07 \text{cm}$ |
| 4 | $7.5 - 4.86 / 2 = 5.07 \text{cm}$ |

H. ACERO EN TENSORES

Sabemos que:

$$A_{ts} \geq \frac{F_u}{\phi f_y}$$

$$N^{\circ} \text{Varrillas} = \frac{A_{ts}}{A_{barra}}$$



| BARRA DE REFUERZO | | |
|-------------------|----------------------|-----------|
| BARRA | DIAMETRO NOMINAL(cm) | AREA(cm2) |
| 3/8" | 0.95 | 0.71 |
| 1/2" | 1.27 | 1.29 |
| 5/8" | 1.59 | 1.99 |
| 3/4" | 1.91 | 2.84 |
| 1" | 2.54 | 5.10 |

Luego:

| Barra | Carga en Tensor Fu (kg) | Ø | fy (kg/cm2) | Ats (cm2) | Diámetro | Abarra (cm2) | N° Varillas |
|-------|-------------------------|------|-------------|-----------|----------|--------------|-------------|
| 4 | 14,424.74 | 0.75 | 4200 | 4.58 | 1/2 | 1.29 | 4 |

I. ACERO MINIMO DISTRIBUIDO

Sabemos que:

$$\frac{2A_h \frac{|\text{sen}\alpha_1|}{bs_1 (|\text{sen}\alpha_1| + |\text{cos}\alpha_1|)}}{\rho_{hcontrol}} + \frac{2A_v \frac{|\text{cos}\alpha_1|}{bs_2 (|\text{sen}\alpha_1| + |\text{cos}\alpha_1|)}}{\rho_{vcontrol}} \geq 0.0025$$

También:

| BARRA DE REFUERZO | | |
|-------------------|----------------------|-----------|
| BARRA | DIAMETRO NOMINAL(cm) | AREA(cm2) |
| 3/8" | 0.95 | 0.71 |
| 1/2" | 1.27 | 1.29 |
| 5/8" | 1.59 | 1.99 |
| 3/4" | 1.91 | 2.84 |
| 1" | 2.54 | 5.10 |

Entonces:

Refuerzo en dos direcciones ortogonales:

| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρh | ρv | ρt |
|--------|--------|------------|--------|------------|--------|--------|--------|----------------|
| 1 | 226.12 | 1/2"(1.29) | 25 | 1/2"(1.29) | 25 | 0.0013 | 0.0013 | 0.0026>=0.0025 |
| 3 | 133.88 | 1/2"(1.29) | 25 | 1/2"(1.29) | 25 | 0.0013 | 0.0013 | 0.0026>=0.0025 |

Refuerzo en una sola dirección (Horizontal):

| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρh | ρv | ρt |
|--------|--------|------------|--------|----|--------|--------|----|----------------|
| 1 | 226.12 | 1/2"(1.29) | 13 | 0 | 30 | 0.0025 | 0 | 0.0025>=0.0025 |
| 3 | 133.88 | 1/2"(1.29) | 13 | 0 | 30 | 0.0025 | 0 | 0.0025>=0.0025 |

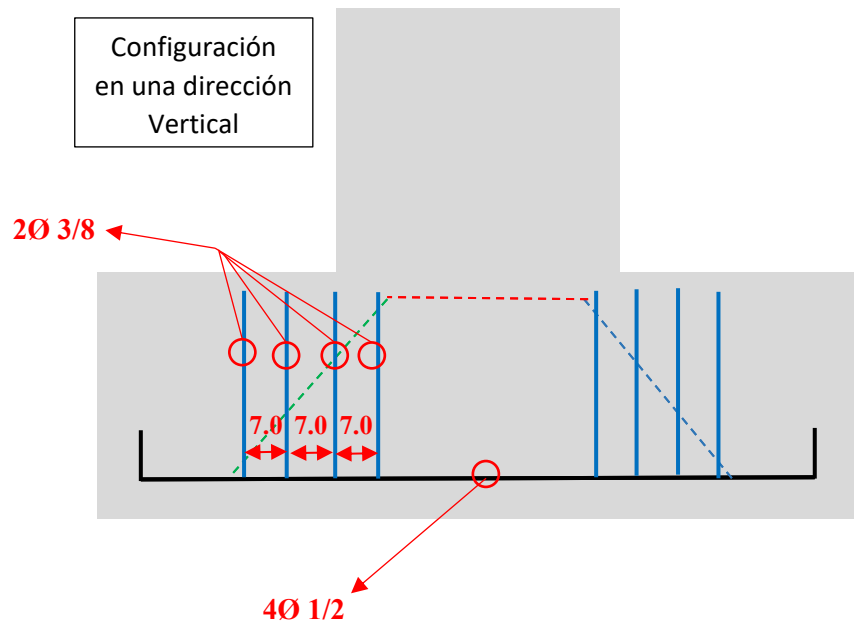


Refuerzo en una sola dirección (Vertical):

| Puntal | α | Ah | S1(cm) | Av | S2(cm) | ρ_h | ρ_v | ρ_t |
|--------|----------|----|--------|------------|--------|----------|----------|-----------------|
| 1 | 226.12 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 7 | 0 | 0.0025 | 0.0025 > 0.0025 |
| 3 | 133.88 | 0 | 30 | 3/8"(0.71) | 7 | 0 | 0.0025 | 0.0025 > 0.0025 |

J. CONFIGURACION DE REFUERZOS

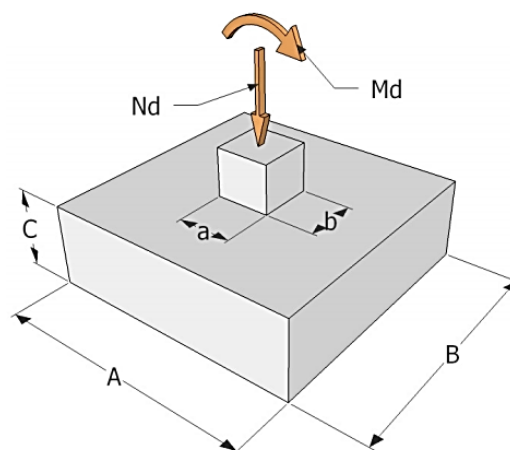
Los refuerzos se colocarán de la siguiente forma:

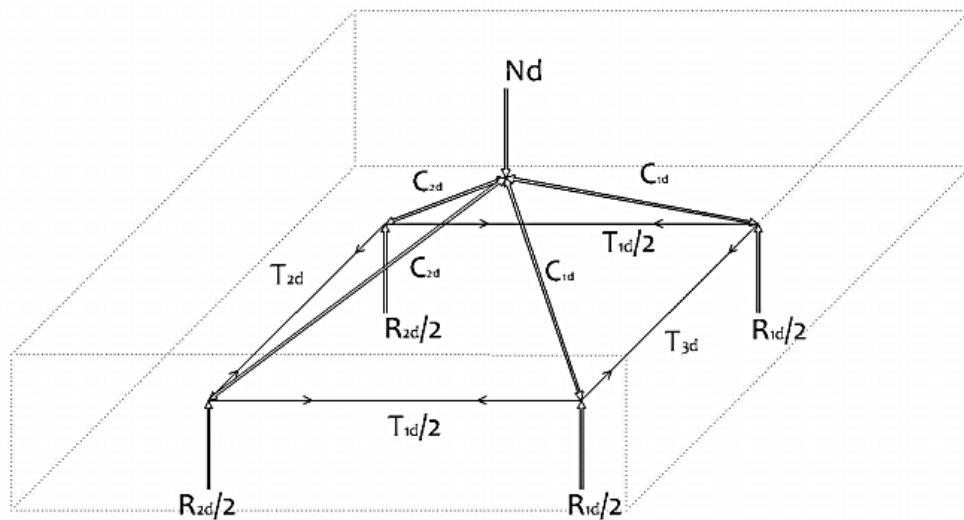


NOTA:

a. Modelo puntal tensor adecuado para una zapata

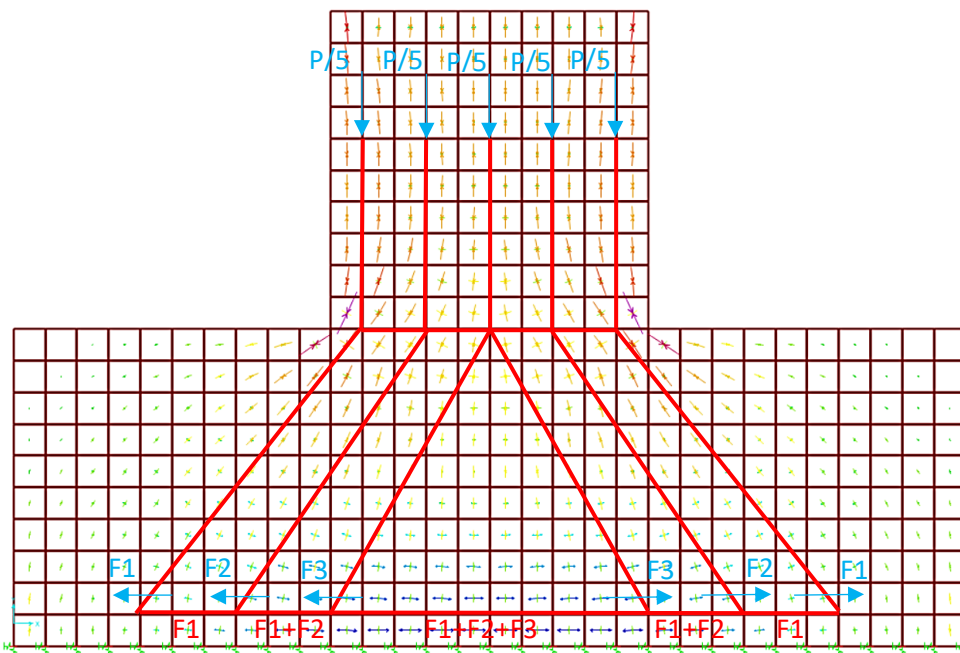
El modelo planteado anteriormente es bajo la concepción bidimensional, la forma correcta y más adecuada será un modelo tridimensional.





Entonces se podrá decir que estos casos tridimensionales escapan del alcance de la presente investigación.

b. Modelo puntal tensor más refinado para un modelo bidimensional



Como podemos observar en la zona del tensor, se observa una variación gradual de la tracción, entonces también el refuerzo necesario será según esta variación.

En la parte de transición (columna – zapata) existen 05 nudos que se deben controlar las zonas presionadas.



➤ **PLANOS**

A continuación, se mostrará el resumen de resultados de los cálculos realizados en las aplicaciones anteriores, las cuales se plasmarán en planos, los cuales son los siguiente:

- **PLANO Y DETALLES DE LA VIGA DE GRAN ALTURA**
- **PLANO Y DETALLES DE LA MENSULA**
- **PLANO Y DETALLES DE LA PLACA CON ABERTURA**