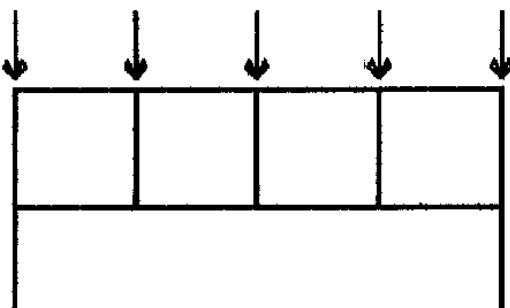


Viga Vierendeel

La viga Vierendeel es una de las estructuras denominadas como de transición, pues permite salvar grandes luces (de 20 a 30 m), recibiendo las cargas de pisos superiores. (Fig. 1)

FIG.1



Para luces del orden mencionado, las vigas de alma llena en $H^{\circ}A^{\circ}$ se hacen muy poco eficientes pues necesitarían como mínimo una altura del orden de 1/10 (2 a 3 m). Esto trae aparejado serios inconvenientes ocasionados por la importancia que adquiere el peso propio de la viga, además de problemas de tipo arquitectónico ya que impiden la posibilidad de practicar aventanamientos en la altura del piso que ocupa. De ahí surge la necesidad de proyectar estructuras de alma calada que permitan solucionar el inconveniente arquitectónico y disminuir el peso propio de la estructura.

ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA VIGA VIERENDEEL

Supongamos tener dos vigas de altura h , una sobre otra y sometidas a una carga P (Fig. 2), cada una de las vigas tomará $P/2$ y el módulo resistente a la flexión será $W = b h^2/6$ para cada viga, o sea $W = 2 b h^2/6$ para ambas.

Al flexionarse, cada una de ellas trabajará en forma independiente, deslizando una sobre la otra.

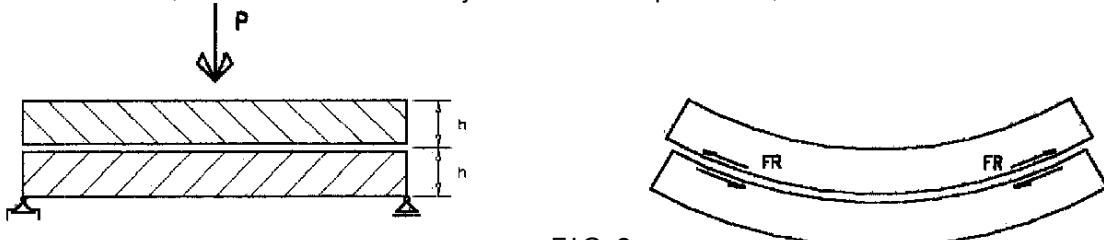


FIG.2

Si de algún modo podemos intercalar conectores entre ambas vigas para absorber estas fuerzas de resbalamiento, lograríamos un trabajo mancomunado de ambas vigas, transformándose en una sola viga. Ahora el módulo resistente de la nueva viga así materializada será $W = b (2h)^2/6$, es decir que la viga entera resistirá el doble que ambas partes trabajando independientemente. Fig.3

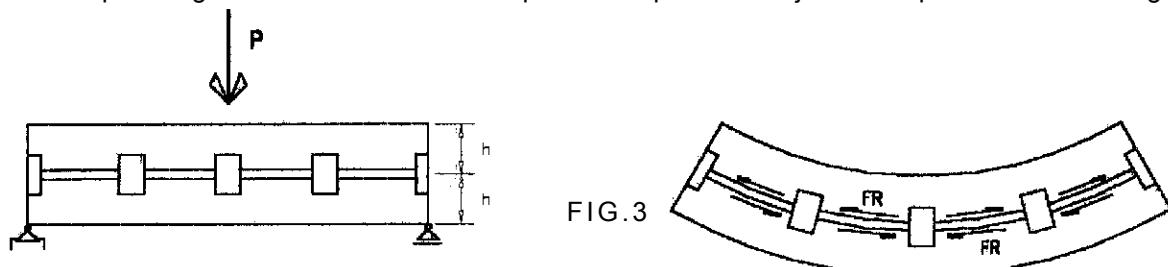


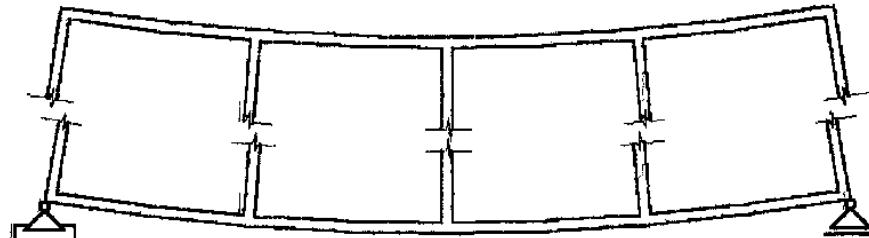
FIG.3

Estas fuerzas de resbalamiento dependen de la carga, o mejor aún del esfuerzo de corte existente en la sección considerada. (Recordemos que las tensiones de resbalamiento son iguales y perpendiculares a las tensiones de corte).

Un conector situado en el centro de la viga no está sometido a tensión de resbalamiento ya que allí el corte es nulo.

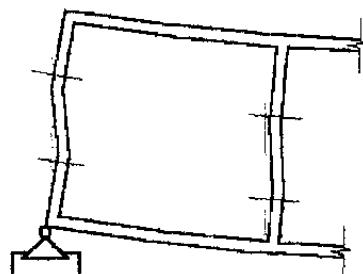
Si transformamos los conectores en montantes alejando los cordones superior e inferior de la viga (con lo que aumenta el brazo de palanca), tenemos así conformada la viga Vierendeel. (Fig. 4)

FIG.4



Este esfuerzo rasante tomado por los montantes origina flexiones en los mismos. (Fig. 5)

FIG.5



Podemos decir que en la viga Vierendeel el momento flector es tomado por esfuerzos axiles en los cordones, y el esfuerzo de corte (Q), por flexión en los montantes. En resumen, la viga Vierendeel se diferencia de las vigas de alma llena y de la viga reticulada, por la forma de absorber los esfuerzos de corte. En las primeras el corte genera un estado de tensiones τ (tau) que compuesto con las σ (sigma) provocadas por la flexión generan un esquema de isostáticas de tracción y compresión, mientras que en las reticuladas el corte se deriva en esfuerzos directos de tracción y compresión en montantes y diagonales. (Fig. 6)

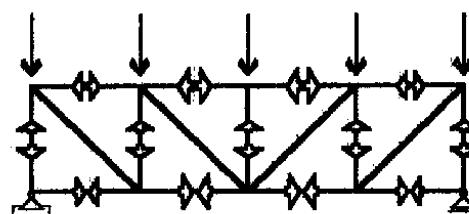
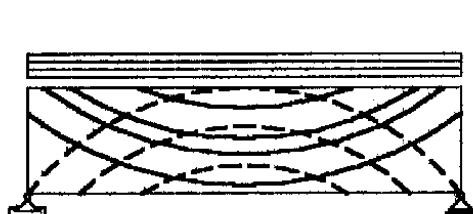


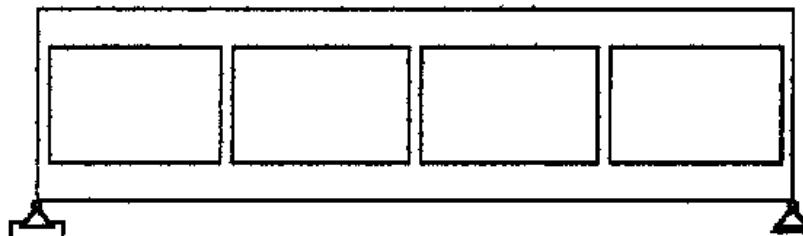
FIG.6

La viga Vierendeel absorbe el corte mediante un trabajo de flexión en los montantes, flexión que se transmite a los cordones superior e inferior generando flexo-compresión y flexo-tracción respectivamente.

VARIACION DEL FUNCIONAMIENTO EN FUNCION DE LAS RIGIDESES RELATIVAS

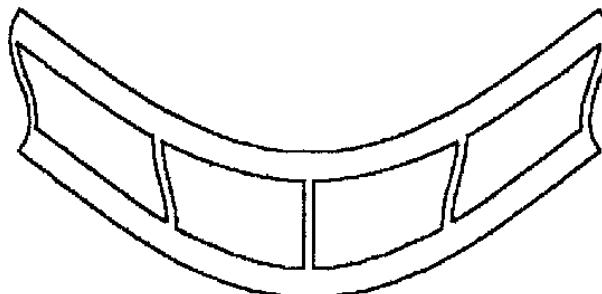
Caso 1) Montantes poco rígidos: (Fig. 7)

FIG.7



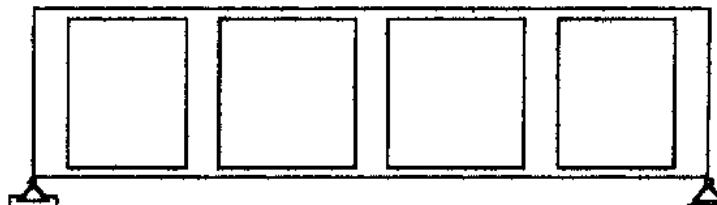
En este caso, al ser los montantes poco rígidos no están capacitados para absorber flexión ni fuerzas rasantes, por lo que los cordones tienden a funcionar como dos vigas independientes, la deformación en cada cordón se asemeja a la de una viga simplemente apoyada. (Fig. 8)

FIG.8



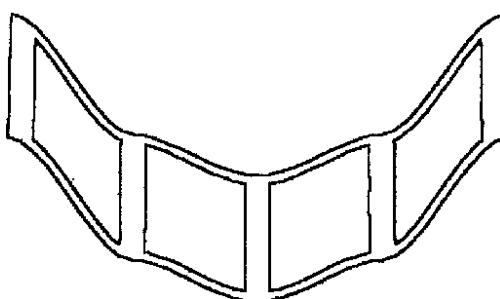
Caso 2) Montantes muy rígidos: (Fig. 9)

FIG.9



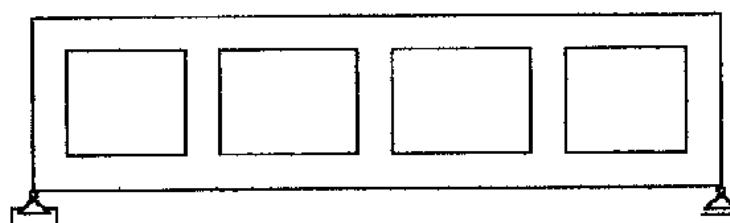
Aparecen puntos de inflexión en la mitad de la luz entre montantes. Los cordones funcionan como empotrados entre montantes, los cuales imponen las deformaciones. (Fig. 10)

FIG.10



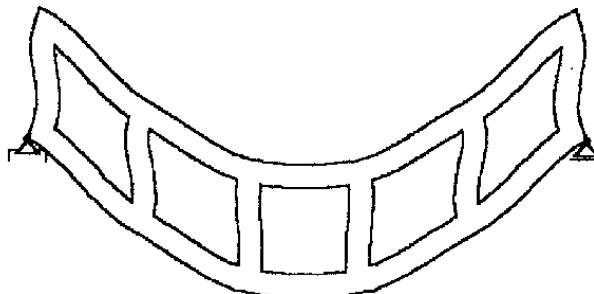
Caso 3) Estructura balanceada, rigideces similares entre montantes y cordones: (Fig. 11)

FIG.11



Estamos en un caso intermedio entre 1) y 2), las solicitudes se distribuyen más equitativamente entre los distintos elementos que la componen. Aparecen puntos de inflexión en los centros de tramos de cordones y centros de montantes. (Fig. 12)

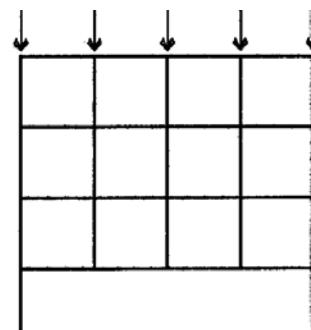
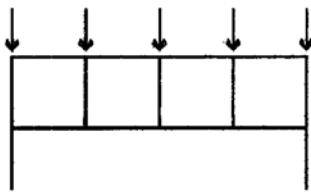
FIG.12



DISTINTOS TIPOS DE VIGA VIERENDEEL

Las vigas Vierendeel pueden ocupar un solo nivel (Vierendeel simple) o varios niveles (Vierendeel múltiple), en cuyo caso se asemeja a una viga de gran altura. (Fig. 13)

FIG.13



Además pueden ser simplemente apoyadas sobre columnas o ser el dintel de un pórtico para lo cual su rigidez flexional como viga unificada debe ser compatible con la de los parantes (Fig. 14). Para determinar la rigidez de la viga Vierendeel como dintel de pórtico se puede hallar el momento de inercia J de los cordones respecto de un eje central (Fig. 15), en una primera aproximación.

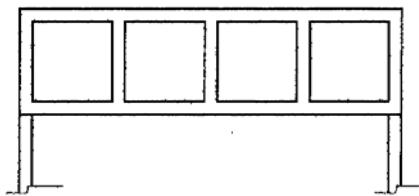


FIG.14

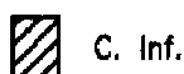
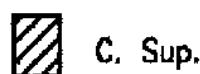
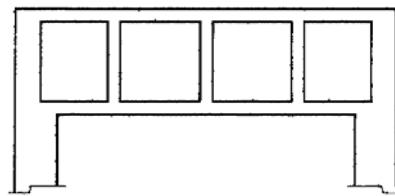


FIG.15

También podemos tener viga Vierendeel en voladizo. Por ejemplo, en un pórtico múltiple sometido a cargas horizontales en los nudos (Viento), puede ser analizado como una Vierendeel en voladizo. (Fig. 16)

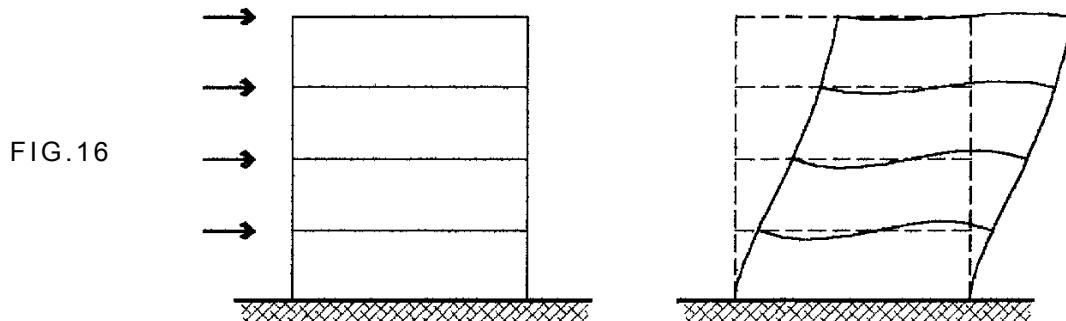


FIG. 16

Se pueden proyectar vigas Vierendeel con montantes de diferente sección o con aberturas variables, en tal caso los montantes de mayor sección o más juntos deberán estar en la zona donde el corte es máximo (recordemos que los montantes son los que absorben el esfuerzo de corte). (Fig. 17)

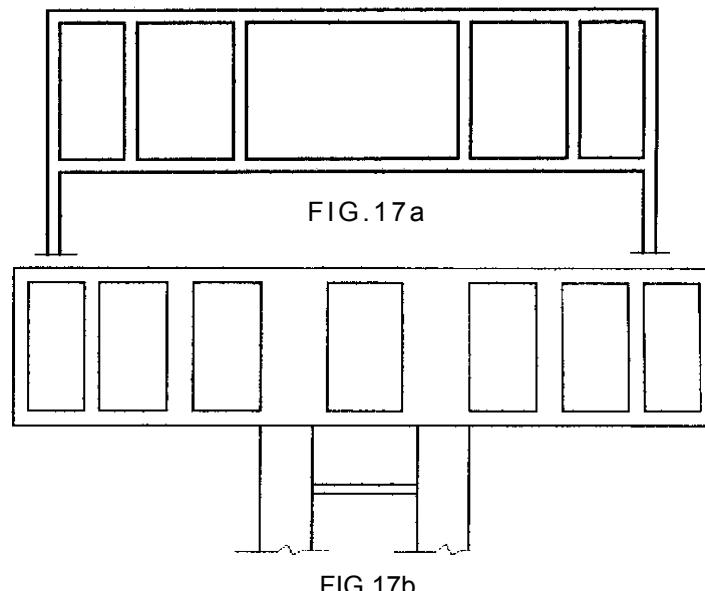


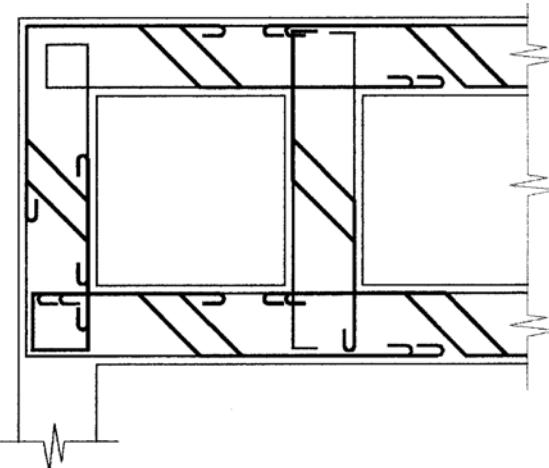
FIG. 17a

FIG. 17b

DETALLE DE ARMADO

En base a la deformada de Fig.12 las armaduras principales serán las que se indican en la Fig.18.

FIG. 18



CALCULO SIMPLIFICADO

El cálculo manual exacto de esfuerzos en una viga Vierendeel resulta bastante laborioso, ya que si n es el número de mallas la estructura es $3n$ hiperestática. Sin embargo es lícita la adopción de hipótesis simplificativas de cálculo, válidas para casos de simetría de cargas y de estructura, donde cordones y montantes deben ser aproximadamente del mismo tamaño.

Una solución muy sencilla es suponer una deformación como la de la Fig. 1, donde aparecen puntos de inflexión en los centros de cordones y montantes en cada una de las mallas. De este modo el momento flector en dichos puntos será nulo ($M=0$), por lo que se puede articular la estructura en dichos puntos, llegando a isostatizar la misma (Fig.19)

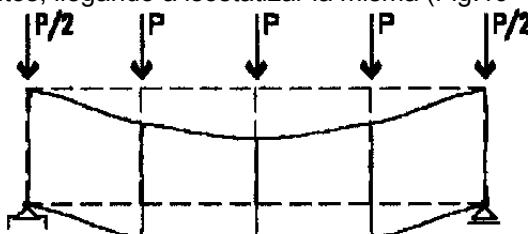
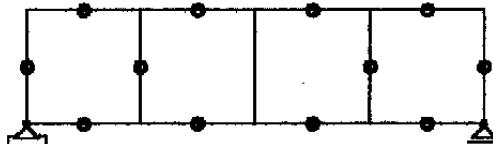


FIG.19



No se articula el montante central porque por simetría es $M=0$ en toda su altura. El grado de hiperestaticidad es: $3n = 3 \times 4 = 12$, por lo que el número de articulaciones será 12.

EJEMPLO DE CALCULO

Supongamos un edificio en altura con planta baja libre de columnas, resuelto con viga Vierendeel, resultando el estado de cargas de la Fig.20.

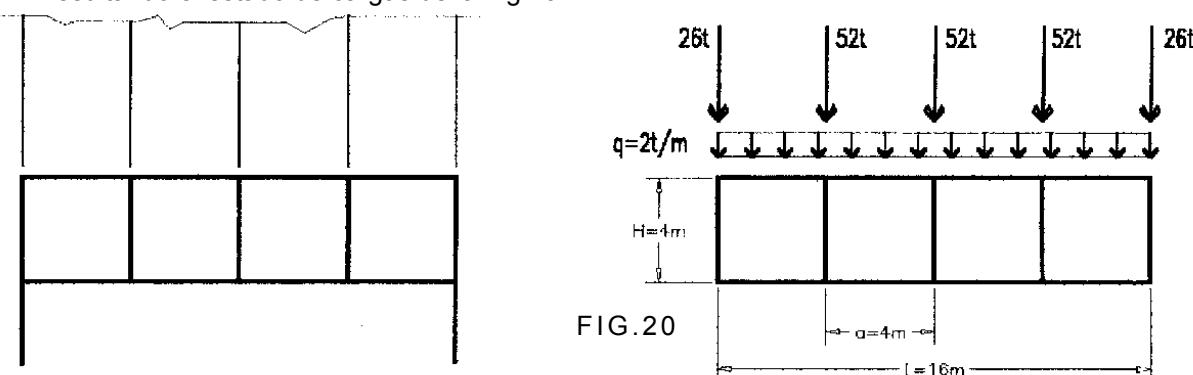
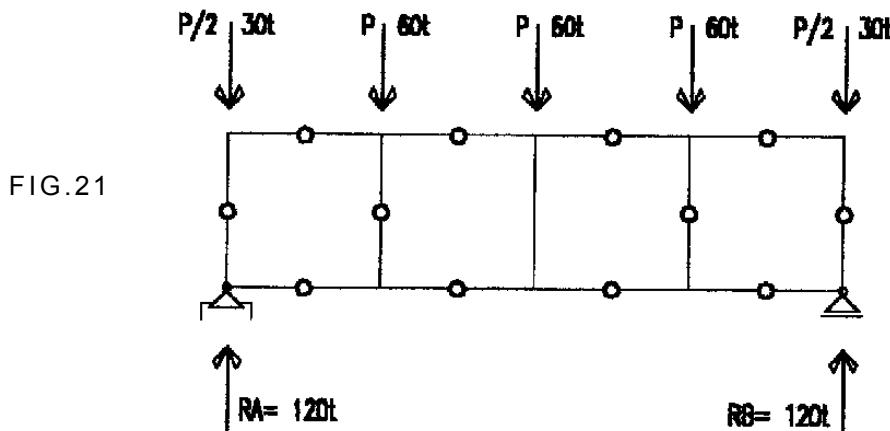


FIG.20

Es fácil ver que frente a las cargas provenientes de pisos superiores y aplicadas en los nudos, la carga distribuida sobre el cordón superior que corresponde al piso que sobre dicho cordón descansa, no generará flexiones de importancia, por lo tanto se puede considerar la misma aplicada en los nudos sumada a las anteriores (Fig.21). En caso de tener cargas distribuidas de magnitud en relación con las concentradas, la consideración anterior no es válida, debiendo analizarse la carga repartida como tal.

En este caso, los diagramas de momento no tendrán una variación lineal como se verá más adelante, sino que seguirán una variación parabólica.



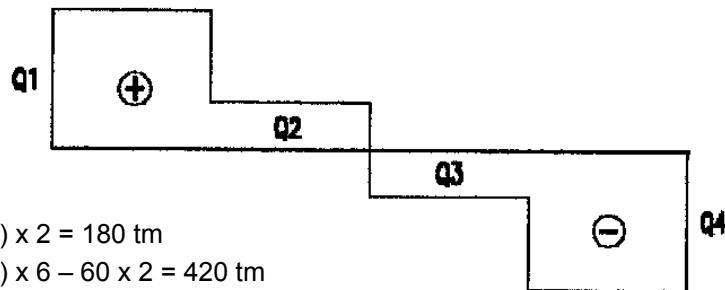
$$P = 52t + (2 \text{ t/m} \times 4 \text{ m})$$

$$P = 60 \text{ t}$$

Diagramas globales

Si consideramos a la viga Vierendeel como una única viga, los diagramas de M y Q para la estructura analizada globalmente serán los de la Fig.22.

FIG.22



$$M_1 = (120 - 30) \times 2 = 180 \text{ tm}$$

$$M_2 = (120 - 30) \times 6 - 60 \times 2 = 420 \text{ tm}$$

$$M_3 = 420 \text{ tm}$$

$$M_4 = 180 \text{ tm}$$

$$Q_1 = 90 \text{ t}$$

$$Q_2 = 30 \text{ t}$$

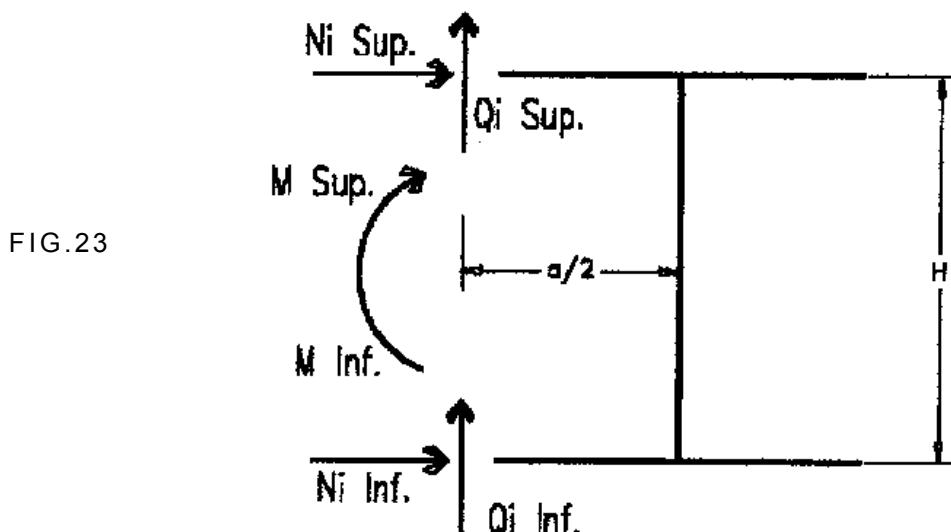
$$Q_3 = -30 \text{ t}$$

$$Q_4 = -90 \text{ t}$$

Determinación de solicitudes en los cordones.

a) Esfuerzo axil (N).

El momento flexor global es resistido por un par de fuerzas iguales y contrarias que generan compresión en el cordón superior y tracción en el inferior. Dicho esfuerzo se calcula mediante la expresión:



$$N_i = M_i / H$$

$$N_1 = \pm M_1 / H = \pm 180 / 4 = \pm 45 \text{ t}$$

$$N_2 = \pm M_2 / H = \pm 420 / 4 = \pm 105 \text{ t}$$

$$N_3 = \pm 105 \text{ t}$$

$$N_4 = \pm 45 \text{ t}$$

El signo negativo corresponde al cordón superior y el positivo al cordón inferior.

b) Esfuerzo de corte (Q).

El esfuerzo de corte es tomado por los cordones en función de las rigideces relativas. Si los cordones superior e inferior tienen igual rigidez (igual momento de inercia), el corte se toma en cada cordón por mitades iguales. (Fig.23)

$$Q_1 \text{ sup.} = Q_1 \text{ inf.} = Q_1 / 2 = 45 \text{ t}$$

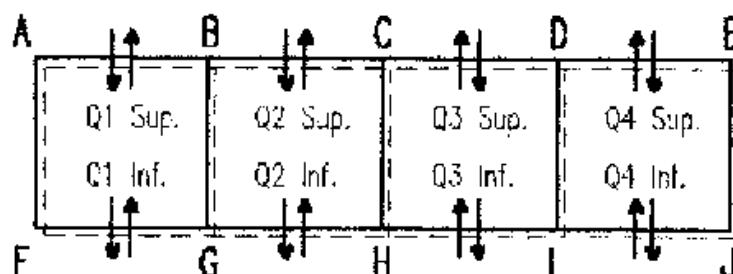
$$Q_2 \text{ sup.} = Q_2 \text{ inf.} = Q_2 / 2 = 15 \text{ t}$$

$$Q_3 \text{ sup.} = Q_3 \text{ inf.} = Q_3 / 2 = -15 \text{ t}$$

$$Q_4 \text{ sup.} = Q_4 \text{ inf.} = Q_4 / 2 = -45 \text{ t}$$

c) Momento flector (M).

El momento flector en los cordones sigue una ley de variación lineal siendo nulo en los centros de cada malla (articulaciones) y máximo en los nudos. Su valor surge de multiplicar la fuerza de corte aplicada en la articulación por la semiluz de la malla. (Fig.24)



$$M_{1A} = -Q_1 \text{ sup.} \times a/2 = -45 \times 2 = -90 \text{ t} = M_{1F}$$

$$M_{1B} = +Q_1 \text{ sup.} \times a/2 = 45 \times 2 = 90 \text{ t} = M_{1G}$$

$$M_{2B} = -Q_2 \text{ sup.} \times a/2 = -15 \times 2 = -30 \text{ t} = M_{2G}$$

$$M_{2C} = +15 \times 2 = 30 \text{ t} = M_{2H}$$

$$M_{3C} = +30 \text{ t} = M_{3H}$$

$$M_{3D} = -30 \text{ t} = M_{3I}$$

$$M_{4D} = +90 \text{ t} = M_{4I}$$

$$M_{4E} = -90 \text{ t} = M_{4J}$$

Determinación de solicitudes en montantes

a) **Esfuerzo axial (N)**: Surge del equilibrio de fuerzas verticales, corte en los cordones y cargas exteriores.

b) **Esfuerzo de corte (Q)**: Surge del equilibrio de fuerzas horizontales y axial en los cordones.

c) **Momento flector (M)**: Su valor es nulo en el centro de la pieza y máximo en sus extremos y surge de multiplicar el corte en los montantes por la semialtura de la malla.

$$NAF = Q1\text{sup} + P/2 = -75 \text{ t} = NEJ$$

$$NBG = -30 \text{ t} = NDI$$

$$NCH = -30 \text{ t}$$

$$QAF = N1\text{sup} = -45 \text{ t} = QEJ$$

$$QBG = -60 \text{ t} = -QDI$$

$$QCH = 0$$

$$MA = QAF \times H/2 = -90 \text{ tm} = -ME$$

$$MB = -120 \text{ tm} = -MD$$

$$MF = +90 \text{ tm} = -MJ$$

$$MG = +120 \text{ tm} = -MI$$

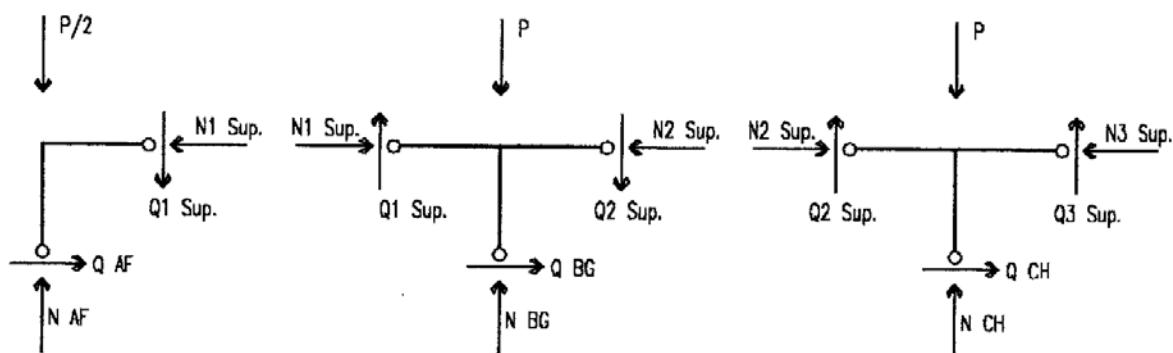


FIG.25

Equilibrio de nudos:

Para comprobar que los valores obtenidos son los correctos, se colocan las solicitudes concurrentes a los nudos, verificando que estas se encuentren en equilibrio. (Fig.26)

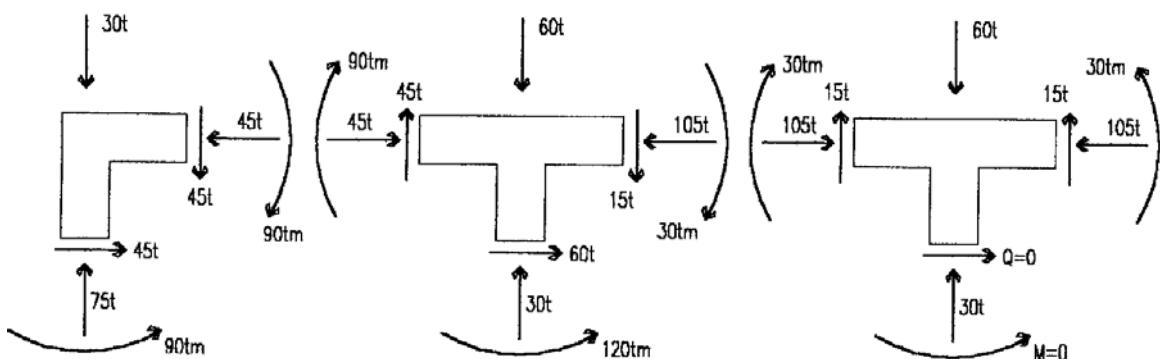


FIG.26

PREDIMENSIONADO

Montantes: Se predimensionan teniendo en cuenta los esfuerzos de corte, el corte máximo en el segundo montante.

$$\tau = \frac{Q}{b \times 0.9 \times h} \quad \tau_{adm} = 20 \text{ kg/cm}^2$$

Se adopta b y se determinan h y ht debiendo cumplirse: ht= 2 a 2,5b.

Qmáx.= QBG = 60000 kg; adoptamos b= 40 cm

$$h = \frac{60000}{40 \times h^2 \times \sigma' bk} = 83 \text{ cm}; \quad h = 85 \text{ cm} \quad ht = 90 \text{ cm}$$

$$ht/b = 2.25$$

Cordones: Se predimensionan teniendo en cuenta la siguiente expresión:

$$R = \frac{M * v}{b * h * \sigma' bk} = 0.16$$

$$v_{flexión} = 1.8 \\ \sigma' bk = 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = \sqrt{\frac{M}{b * 0.16 * \frac{\sigma' bk}{v}}}$$

$$h = \sqrt{\frac{90000}{0.40 * 13.33}} = 130 \text{ cm} \therefore ht = 135 \text{ cm}$$

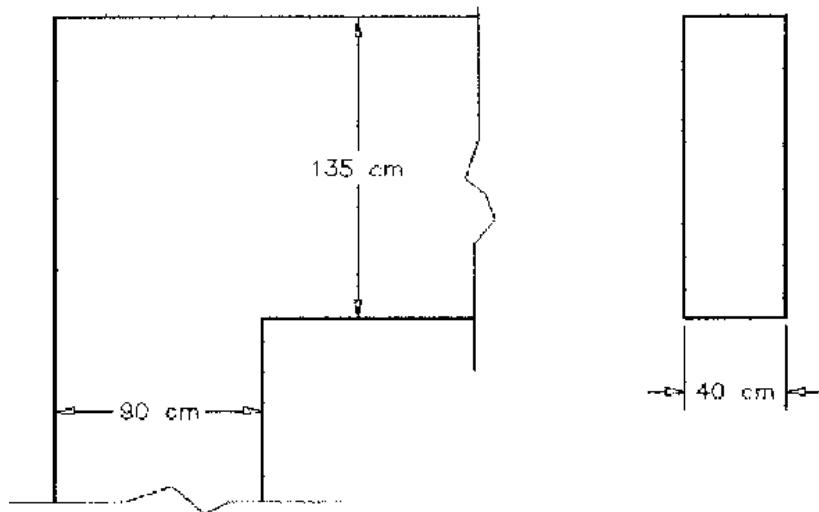


FIG.27

DIAGRAMAS RESULTANTES