

N el número de nudos (12)

Reemplazando los valores en la fórmula:

$$21 = 2(12) - 3$$

$$21 = 24 - 3$$

$$21 = 21$$

La igualdad confirma que es posible resolver la armadura aplicando la estática.

b. Numeración de nudos y denominación de barras

A continuación, se deben numerar los nudos de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba en sentido horario. Las denominaciones de las barras se dan por los números de los nudos a las cuales están sujetas, indicando primero el número más bajo, luego el más alto para evitar confusiones, así se tiene:

Barras exteriores (hacia el borde de la armadura) son:

1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7, 7-8, 8-9, 9-10, 10-11, 11-12, 1-12

Barras interiores (en el interior de la armadura) son:

2-12, 2-11, 3-11, 3-10, 4-10, 5-10, 5-9, 6-9 y 6-8.

Los apoyos están en los nudos 1 y 7.

c. Calcular las reacciones en los apoyos

Las cuatro cargas son de 10 unidades y están en los nudos 2, 3, 5 y 6, la suma total de estas cargas es de 40 unidades, ya que se trata de una armadura con forma simétrica y con la distribución de cargas dada de forma simétrica también. Se asume que la mitad de esta suma de cargas se irá al apoyo del nudo 1 y la otra mitad al otro apoyo en el nudo 7, en ambos casos se tendrá como reacción la mitad de la suma total de cargas (40 unidades/2 = 20 unidades). Ver la figura 3, de ello resulta:

$$R_1 = 20 \text{ unidades}$$

$$R_7 = 20 \text{ unidades}$$

d. Estrategia de seguimiento

La armadura debe resolverse en un orden que permita ir determinando como máximo dos esfuerzos desconocidos en cada nudo. Una vez planteado este orden, o secuencia de trabajo (estrategia), se desarrolla el gráfico que resolverá el equilibrio de fuerzas en cada nudo.

Se ha denominado estrategia al orden en el cual se irán resolviendo los nudos de la armadura (ver figura 3), empezando por el nudo 1 el cual tiene solo dos incógnitas, luego se resolverá el nudo 12 que tenía 3 incógnitas. Al resolverse el nudo 1 ya solo

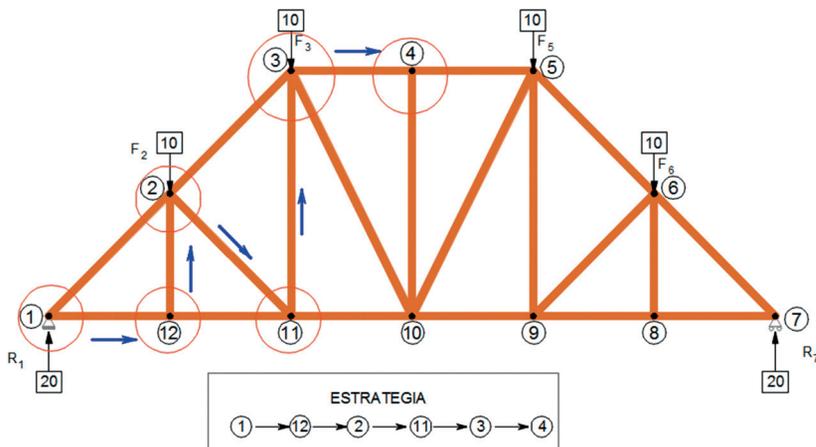


Figura 3. Armadura para resolver, estrategia a seguir. [Gráfico realizado por el autor. Lima, 2018].

quedan dos incógnitas. De ahí se resolverá el nudo 2 que tenía 4 incógnitas, pero al resolver previamente los nudos 1 y 12, solo quedan 2 incógnitas y puede resolverse. De ahí se pasará al nudo 11 que tenía también 4 incógnitas que al resolverse los nudos 2 y 12, le quedan dos incógnitas. Luego se pasará al nudo 3 que tenía 4 incógnitas, y al resolverse los nudos vecinos 2 y 11 ha quedado con solo dos datos por encontrar, y finalmente se pasa al nudo 4, que inicialmente tenía 3 incógnitas, pero al resolverse el nudo 3 le quedan únicamente dos.

Como se trata de una armadura simétrica no es necesario resolver otros nudos adicionales ya que los resultados serán idénticos en espejo. Así el nudo 5 será el reflejo del nudo 3, el nudo 9 del nudo 11, el nudo 6 del nudo 2, el nudo 8 del nudo 12, y finalmente el nudo 7 refleja al nudo 1. Planteada la estrategia se pasa a resolver el gráfico de cada nudo. Para ello se debe seguir el orden planteado en la estrategia.

Para resolver la armadura se toma en cuenta que esta se encuentra en equilibrio y que las barras que llegan a un nudo también se encuentran en equilibrio, ya que debe darse una condición, “un sistema de fuerzas está en equilibrio, cuando

sus efectos combinados no producen movimiento.” (Parker, 1991, p. 24).

Entendemos que una fuerza es “una acción que produce movimiento, presión o tensión. Hay tres propiedades o elementos de una fuerza: Magnitud, dirección y línea de acción, por consiguiente, para obtener la determinación completa de una fuerza, es esencial establecer cada uno de estos tres elementos.” (Parker, 1991, p. 23).

e. Resolución gráfica por cada nudo

De acuerdo a la estrategia planteada se procede a resolver el nudo 1.

**Nudo 1**

El primer gráfico que se realiza es el diagrama de cuerpo libre (D.C.L.) del nudo 1, se dibuja la Reacción 1 en el apoyo, como fuerza conocida (20 unidades), y las líneas que representan las barras 1-2 y 1-12 de las que se ignora la magnitud y sentido de los esfuerzos que pasarán por ellas (ver figura 4).

Debajo del diagrama, se ubica un cuadro de 3 columnas, la primera columna denominada Elem. (Elemento) para colocar la denominación de las barras, cargas o reacciones; la segunda columna, denominada Mag., para

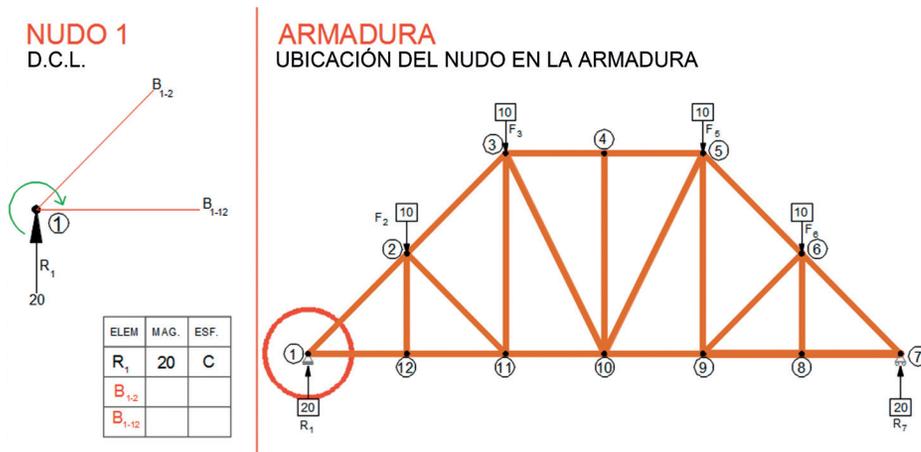


Figura 4. Diagrama de cuerpo libre (D.C.L.) y cuadro de magnitudes y esfuerzos del Nudo 1. [Gráfico realizado por el autor. Lima, 2018].

indicar la magnitud del esfuerzo; y la tercera columna, denominada Esf., para indicar el tipo de esfuerzo (E). El número de filas de este cuadro será igual al número de barras, cargas o reacciones que llegan al nudo, en este caso son 3, una reacción y dos barras. A continuación, se procede a realizar el gráfico que determinará las magnitudes y tipos de esfuerzos buscados:

Se plantea un punto de inicio (I) a partir del cual se graficará primero el valor de la reacción 1, ya que es el valor conocido (20 unidades); de acuerdo al D.C.L., se observa que esta reacción es hacia arriba, por lo que se dibujará en esta dirección, asignada una escala apropiada (por ejemplo 1 unidad = 1 centímetro)

El siguiente esfuerzo para graficar, de acuerdo al diagrama de cuerpo libre (D.C.L.) y de acuerdo al orden horario propuesto, será el esfuerzo que pasa por la Barra 1-2, que tendrá como punto de inicio el final del dibujo de la reacción 1 y la dirección de la Barra 1-2, para lo cual con un juego de escuadras se lleva esta dirección (ángulo) que se graficará a continuación como una línea que tiene punto de inicio mas no punto final (ver figura 5).

Y el último esfuerzo en graficar para este nudo será el que pasa por la barra 1-12, del cual se sabe que terminará en el punto de inicio, debido a que la suma de estos tres esfuerzos para cumplir con la condición de equilibrio estático debe ser cero, y por lo tanto el gráfico de la suma de estos vectores debe empezar en un punto y terminar en el mismo, ya que la resultante es cero. Conociendo además la dirección del esfuerzo que se lleva como paralela desde el diagrama de cuerpo libre (ver figura 6).

Solo queda graficar los puntos de inicio y fin de cada esfuerzo, de acuerdo a la suma gráfica de vectores en el orden establecido. El siguiente esfuerzo que corresponde a la barra 1-2, empieza en el final de la Reacción 1 y termina en la intersección de las dos líneas trazadas, ahí se dibuja la punta de flecha que indica su dirección (hacia abajo). Y para el caso del esfuerzo de la barra 1-12, este empezará donde terminó el esfuerzo anterior y

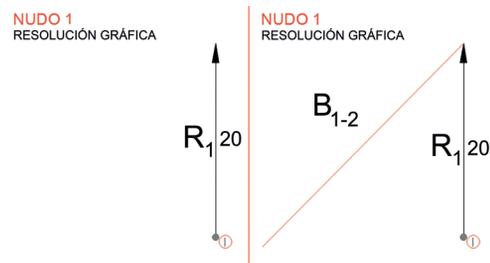


Figura 5. Resolución gráfica del Nudo 1. [Gráfico realizado por el autor. Lima, 2018].

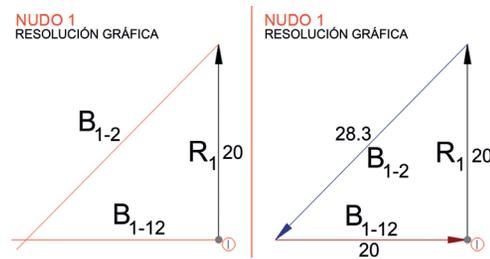


Figura 6. Resolución gráfica del Nudo 1, continuación y conclusión. (Gráfico realizado por el autor. Lima, 2018).

acabará en el punto de inicio, hacia donde llegará la punta de flecha que indica su dirección (hacia la derecha). Finalmente, sabiendo el inicio y final de cada esfuerzo, se mide con una regla la magnitud de cada esfuerzo y se coloca el valor en el gráfico. En este caso el esfuerzo que pasa por la barra 1-2 mide 28.3 unidades, y el esfuerzo que pasa por la barra 1-12 mide 20 unidades (ver figura 7).

Luego de terminado el gráfico se deben llevar las direcciones obtenidas al Diagrama de Cuerpo Libre, colocando las puntas de flecha en el dibujo del D.C.L., tal cual han sido obtenidas en el gráfico anterior. Para el caso de la Barra 1-2 se observa que la dirección obtenida se dirige al nudo, entonces se trata de un caso de esfuerzo a compresión (C). En el cuadro que está debajo del D.C.L. se coloca este dato (C) en la columna 3, y en la columna 2 se indica la magnitud obtenida (28.3 u). Igualmente, para la Barra 1-2 se observa que el esfuerzo sale o se va del nudo, lo cual implica un caso de tracción (T), como se indica en la columna tercera del cuadro (T). En cuanto a la columna