

1.1 MODELADO

1.1.1 INTRODUCCIÓN

Para poder analizar una estructura, es necesario representar la complejidad de la realidad mediante un modelo de cálculo simplificado, que posea una cantidad reducida de variables, de manera de poder manejar sus datos y resultados.

Mientras mayores sean las simplificaciones adoptadas en el modelo, más sencillo será su cálculo e interpretación de resultados, pero estos tendrán una menor precisión. Por otro lado, un modelo muy elaborado tendrá una gran cantidad de datos y por lo tanto mayor será la posibilidad de contener algún error entre ellos, a la vez que la lectura de los resultados se tornará más compleja. Es entonces en función de los resultados que necesitemos, la elección del modelo de cálculo y el tipo de análisis a realizar.

Cualquier modelo de cálculo, será siempre solo una aproximación a la realidad, y contendrá errores y limitaciones. La validación o no del modelo adoptado deberá realizarla el proyectista a partir de la interpretación de los resultados, para lo cual deberá tener un amplio manejo conceptual del funcionamiento de las estructuras.

En la actualidad el uso de los programas de cálculo computacionales ha facilitado la labor en el cálculo, centrando ahora el trabajo del profesional en dos puntos fundamentales para que el análisis sea el correcto: el modelo y la interpretación de resultados.

Las simplificaciones más usuales en un modelado son:

- Descomposición de la estructura tridimensional, en sus planos resistentes verticales por separado, de manera de realizar el análisis sólo en dos dimensiones.
- Representación de los componentes de los planos resistentes verticales, tales como vigas, columnas y tabiques mediante elementos lineales en lugar de tridimensionales.
- No se representan los planos horizontales, sino sólo sus acciones y vínculos que transfieren al resto de la estructura
- No se representan las fundaciones, sino sólo el vínculo que generan a los apoyos
- Comportamiento elástico lineal de los materiales
- No se consideran los efectos de la deformación en el equilibrio. (análisis de primer orden)
- Los vínculos son perfectos (totalmente libres, o totalmente restringidos)

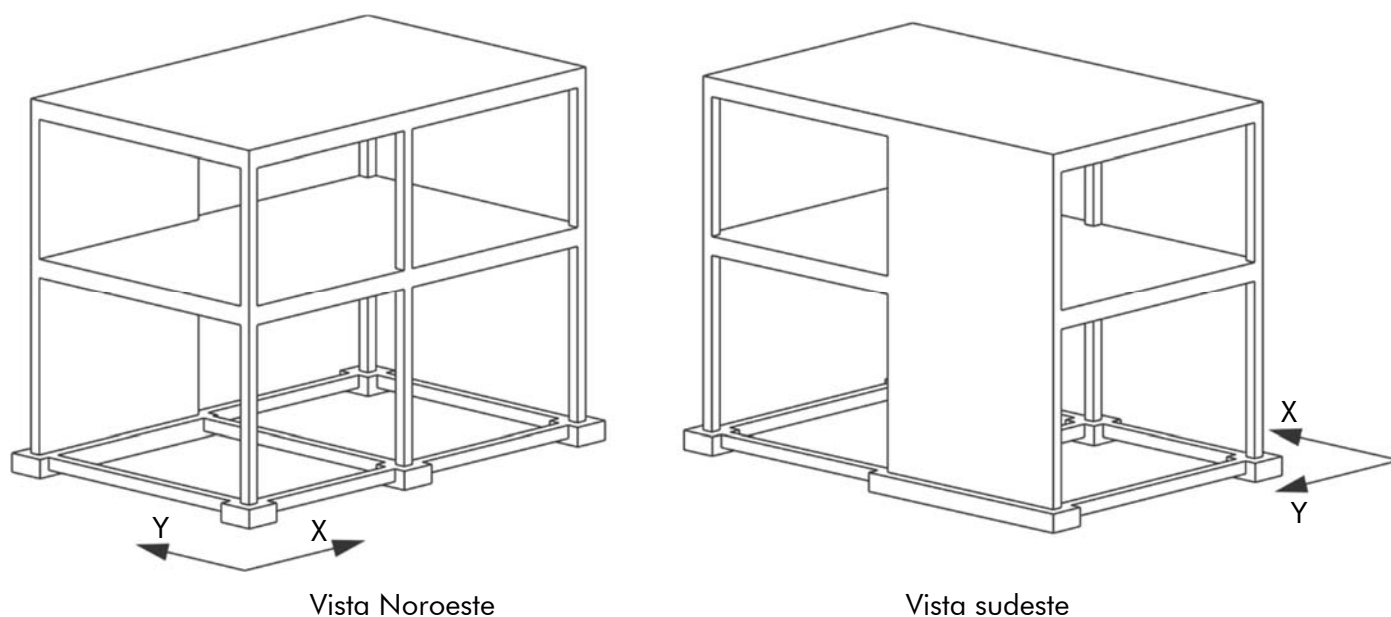


Fig. 1 – Estructura real 3D

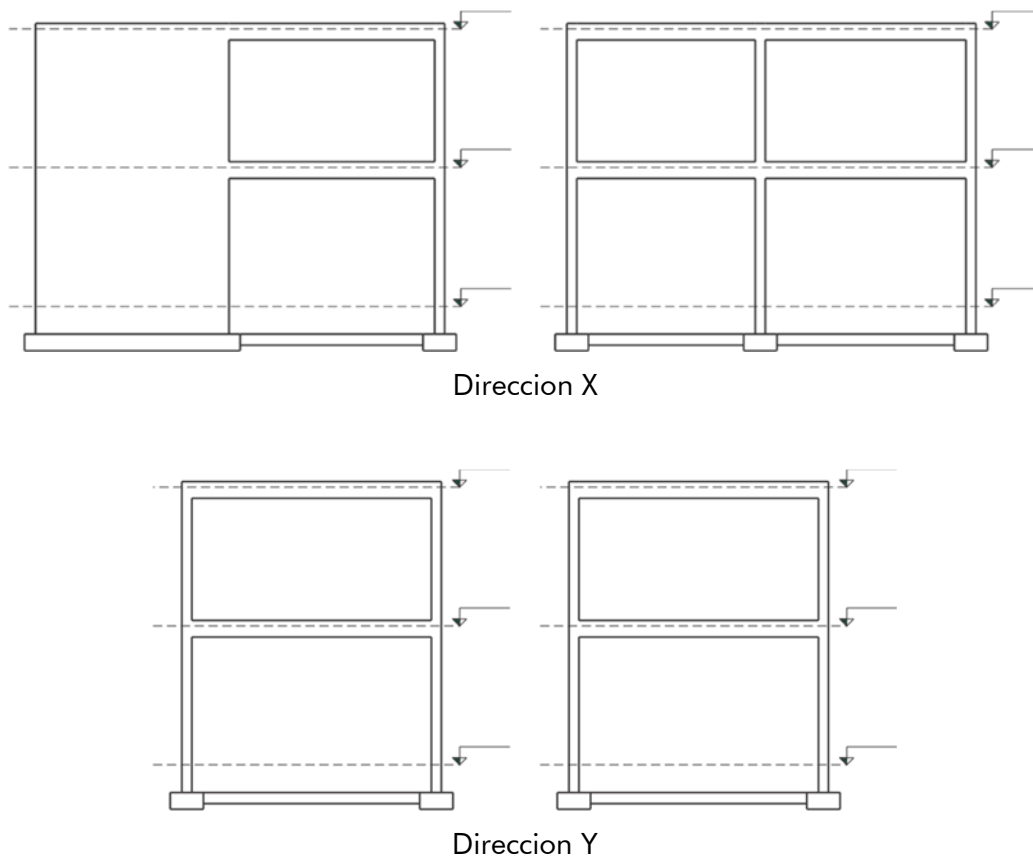


Fig. 2 – Planos resistentes verticales 2D

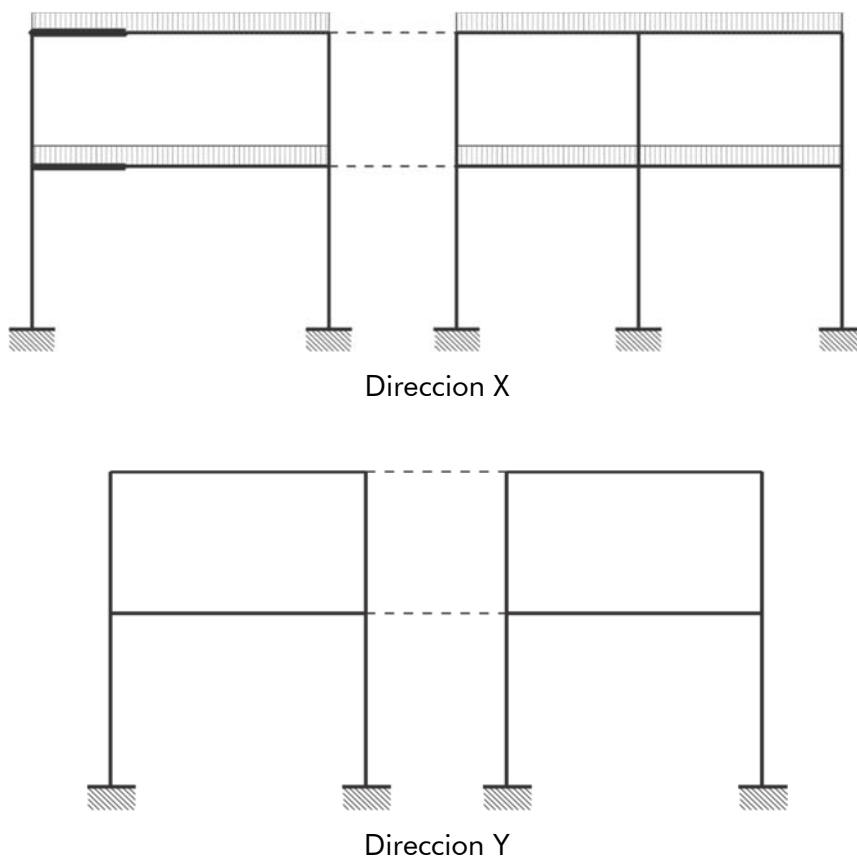


Fig. 3 – Modelado 2D

Todo modelado debe estar compuesto por:

- Componentes, con su descripción geométrica y materiales
- Vínculos y restricciones de apoyo
- Cargas, con sus hipótesis y combinaciones

1.1.2 COMPONENTES

Son todas las piezas que forman parte de la estructura. Pueden ser barras (vigas, columnas y tabiques) o placas 2D (losas). Algunos programas informáticos de cálculo permiten también modelado de volúmenes 3D.

1.1.2.1 BARRAS

Son elementos lineales que se caracterizan por poseer una dimensión (el largo) mucho mayor que las otras dos (ancho y alto de la sección transversal). Se utilizan para representar vigas, columnas, tabiques y barras de reticulados. Para realizar el análisis, requieren la definición de sus propiedades en cuanto a sección y material.

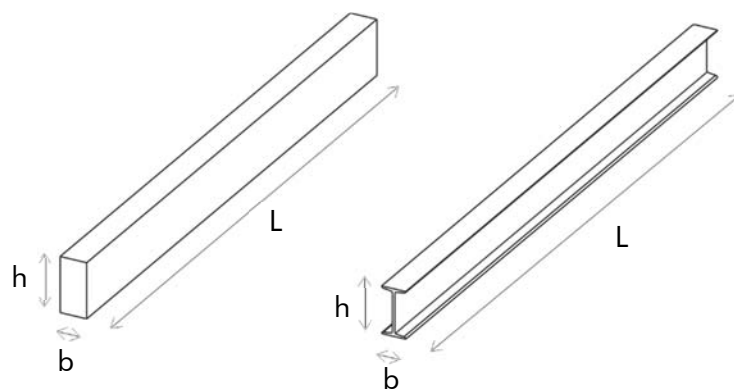


Fig. 4 – Barras

- Columnas

Para el **modelado** de columnas se las representa mediante una línea que pasa por el eje de la barra, coincidente con centro de gravedad de la sección transversal. [fig. 8]

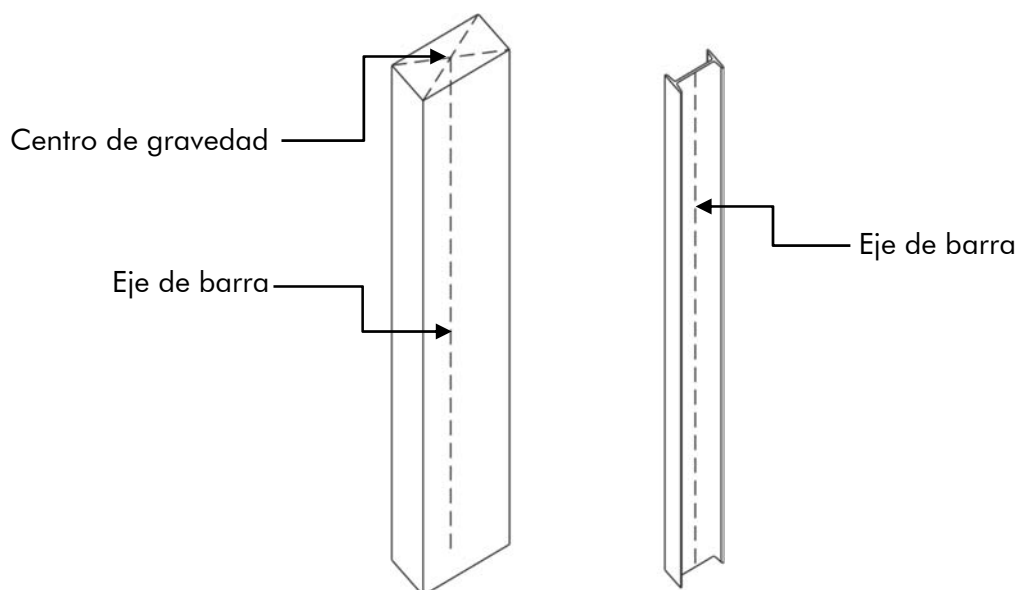


Fig. 5 – Modelado de columnas

- Vigas

En el caso de las vigas, independientemente de si son colgadas o invertidas, la línea de su modelado debe coincidir con el eje de la losa, de manera de que todas las vigas de la misma planta tengan siempre el mismo nivel.

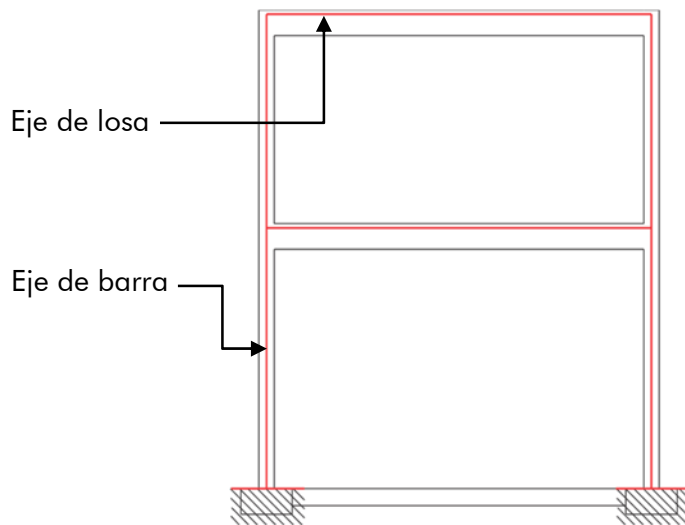


Fig. 5 – Posición del eje de modelado de las barras

- Tabiques de Hormigón armado

Si bien los tabiques geoméricamente son placas, con dos dimensiones (largo y ancho) mucho mayores que el espesor, pueden representarse en el modelado como barras, guardando ciertas precauciones en cuanto a la posición de sus ejes y su unión con las vigas (zonas rígidas)

Al igual que con las columnas, se representan con una línea que debe estar ubicada en el centro de gravedad de la sección transversal. Pueden presentarse entonces tabiques de sección simétrica (rectangulares o en U) con su eje en el centro, o asimétrica (en L o en U con un lado mayor), con su eje desplazado lateralmente en la vista frontal.

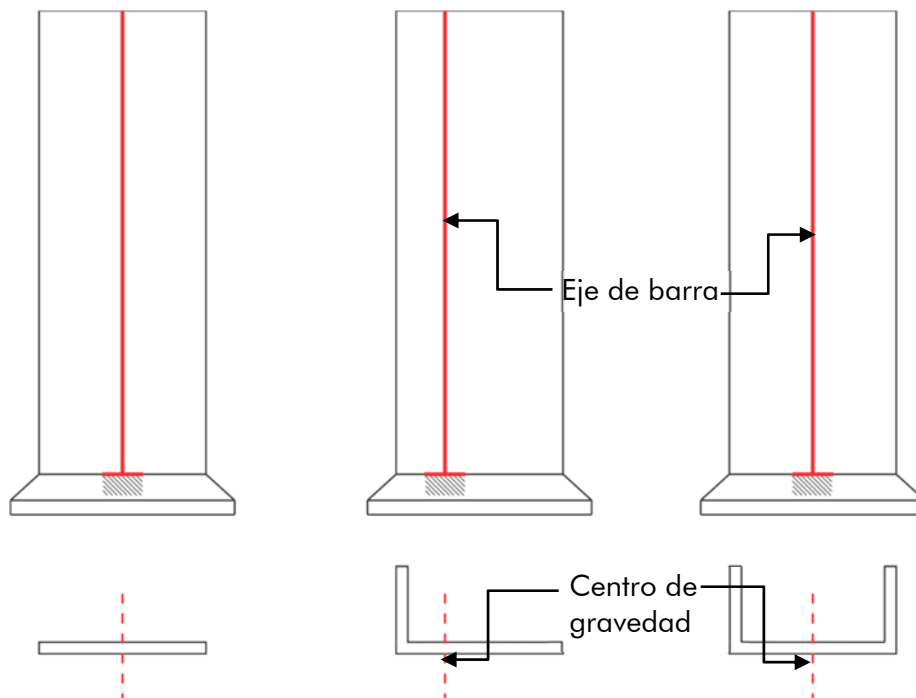


Fig. 6 – Posición de ejes de modelado para tabiques

- **Zonas Rígidas**

Debido a que los tabiques se modelan con una línea que pasa por su eje, las líneas que representan las vigas que se apoyan en él, deben prolongarse hasta unirse con el eje del tabique, dando como resultado una luz mayor a la real.

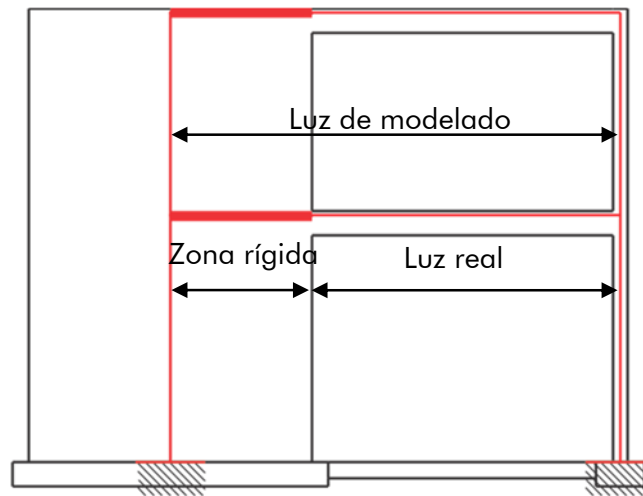


Fig. 7 – Zona rígida

El tramo de viga adicional se denomina “zona rígida” y representa una porción de la viga “virtual” que está dentro del tabique, y por lo tanto es indeformable. Se representa gráficamente con un trazo más grueso y para modelarla puede utilizarse una barra con una sección mucho mayor a la de la viga, como por ejemplo en ancho del tabique y el alto de un nivel completo. Algunos programas informáticos poseen comandos específicos que le confieren rigidez absoluta a un tramo de barra especificado.



Fig. 8 – Imágenes de estructuras reales y su modelado, con tabiques y vigas con zonas rígidas

- **Fundaciones**

Las fundaciones pueden representarse mediante una barra indeformable (zona rígida) o pueden no incluirse en el modelado, representando el vínculo que éstas generan en la base de las columnas.

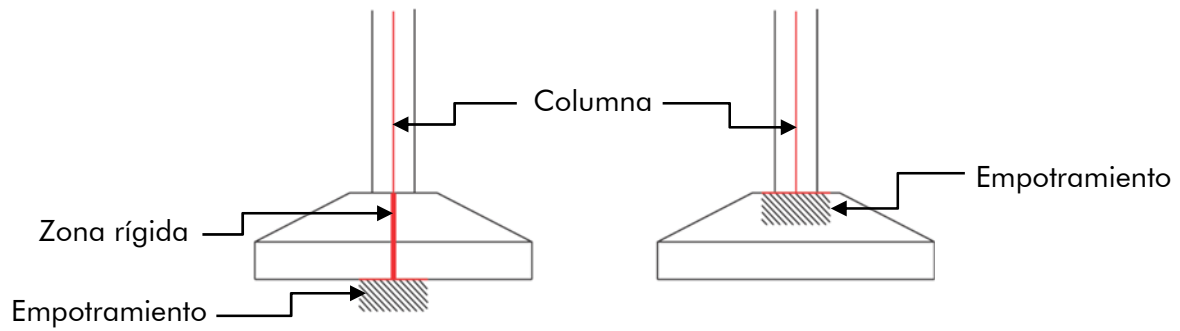


Fig. 9 – Bases

• Uniones

Los nudos donde se unen dos o más barras se consideran siempre monolíticos e indeformables, por lo cual el ángulo de unión entre ellos (generalmente 90°) permanece igual después de deformarse la estructura por efecto de las cargas.

Esto es válido en hormigón armado, sin embargo, al trabajar con otros materiales, pueden existir nudos de muy baja rigidez o simplemente articulados, como en el caso de pórticos o reticulados de acero.

Para representar esta situación, es posible introducir en el modelado articulaciones en los extremos de las barras, permitiendo su giro libre.

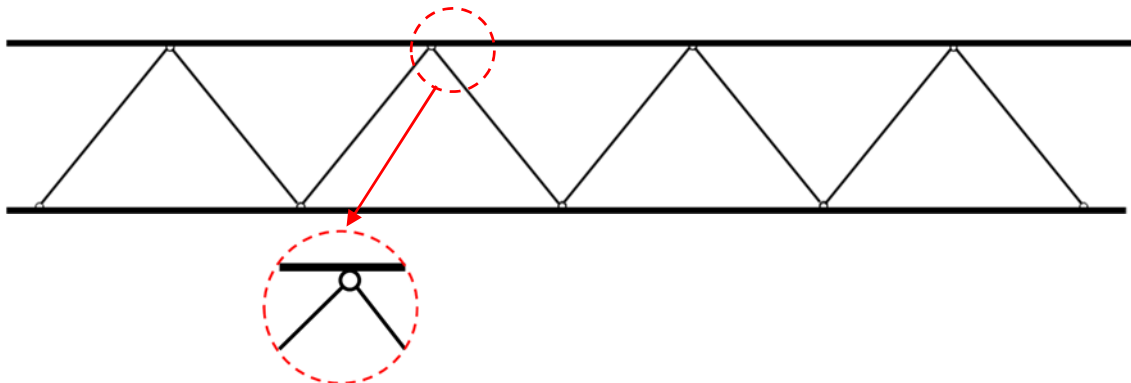


Fig. 10 – Diagonales de reticulado articuladas y cordón continuo

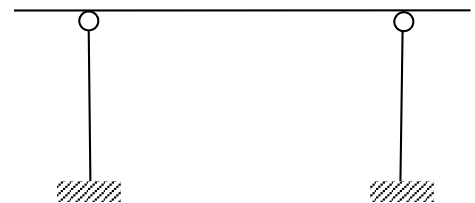


Fig. 11 – Pórtico metálico con extremo superior de columnas articuladas

1.1.2.2 PLACAS

Son elementos planos, que se caracterizan por tener dos dimensiones (ancho y largo) mucho mayores que el espesor. Se utilizan para representar losas, y muros o tabiques. Una vez graficadas, requieren que se determine su espesor y material para poder realizar el análisis.

En general son poco utilizados, incluso los programas informáticos más sencillos no permiten su modelado, ya que en muchos casos pueden reemplazarse por otros componentes o modelarse solo los vínculos que estos transmiten al resto de la estructura.

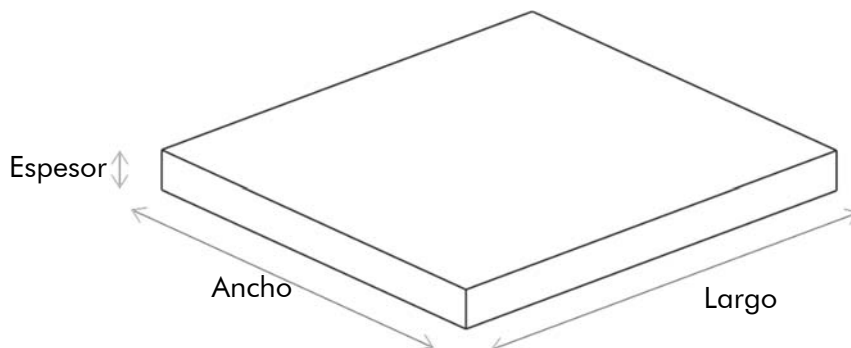


Fig. 12 – Elemento plano

- **Muros de mampostería**

Si se requiere un modelado detallado, los muros de mampostería pueden modelarse como placas, asignándosele las propiedades adecuadas del material. Para modelos sencillos, al no estar vinculados monolíticamente con las piezas de hormigón armado, pueden no incluirse en el modelo y representarse solo el apoyo articulado que el muro brinda al resto de la estructura.

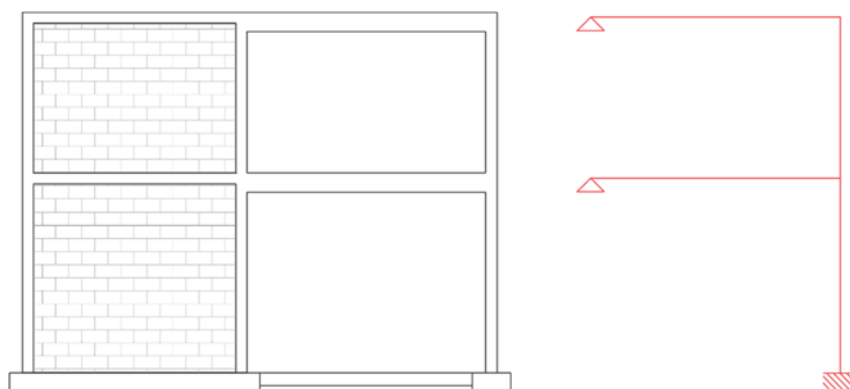


Fig. 13 – Pórtico apoyado en muro de mampostería y su modelado

- **Losas**

Las losas son planos horizontales, por lo tanto pueden modelarse como placas solo en el caso que se trabaje con modelos 3D. En general no se incluyen en el modelo de cálculo, sino que sólo se colocan los vínculos y las cargas que la losa transmite al resto de la estructura.

Por sus grandes dimensiones en ancho y largo, la losa se considera un elemento indeformable en su plano, comportándose como un diafragma que vincula todos los planos resistentes verticales. Este efecto puede graficarse con una línea de trazos que una los planos verticales entre sí en cada nivel, y para modelarlo en programas informáticos existen diversos comandos tales como "diafragmas" o "desplazamientos iguales" que evitan que las distancias entre los nudos de un mismo nivel se acorten o alarguen.

Vínculo proporcionado por losa

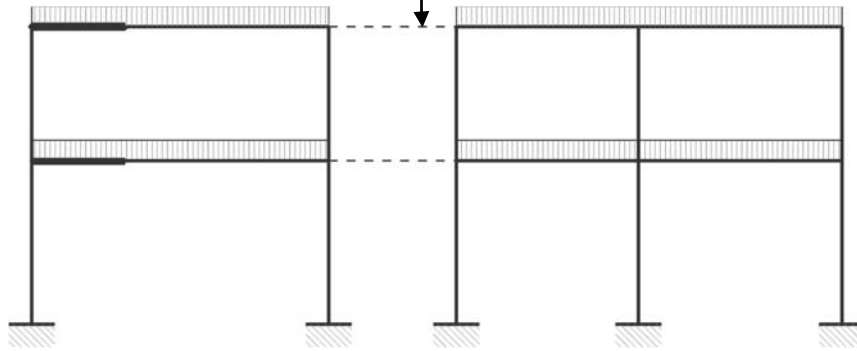


Fig. 14 – Vínculo entre planos resistentes verticales proporcionado por la losa

1.1.3 VÍNCULOS

Los vínculos son restricciones de movimiento proporcionadas a los nudos de la estructura por elementos externos no incluidos en el modelo, como por ejemplo: el suelo.

Las restricciones pueden ser de desplazamiento, o giro, en cualquiera de los 3 ejes (X, Y y Z)

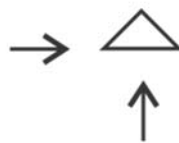
La simbología usual es la siguiente, aunque puede cambiar dependiendo del programa informático que se utilice:

Articulación móvil



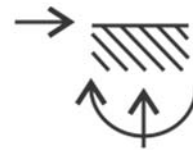
Restricción solo en x
o sólo en y

Articulación fija



Restricción en x y en y

Empotramiento



Restricción en x, en y
y en giro

Fig. 15 – Simbología de vínculos



Fig. 16 – Izq.: articulacion. Der.: empotramiento

1.1.4 CARGAS

Las cargas pueden colocarse sobre nudos de manera puntual, o sobre barras y placas de manera puntual o distribuida. Si trabajamos con un modelo tridimensional, podremos modelar las losas como placas y colocar cargas por m^2 perpendiculares a ella, que luego mediante el análisis serán transferidas al resto de los elementos de la estructura. Si decidimos simplificar el modelo y utilizar solo dos dimensiones, tendremos que realizar manualmente el análisis de cargas sobre las vigas, y cargarlas posteriormente en el modelado.

Resulta útil la aplicación de las cargas separadas por hipótesis, dado que los programas de cálculo luego nos permiten combinarlas con cualquier coeficiente de mayoración.