



Apoyos

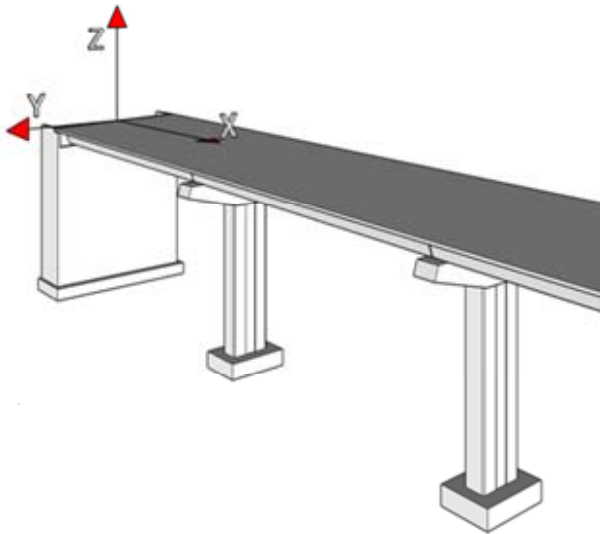
El tablero de los puentes transmite las cargas a los estribos y a las pilas de forma directa (como en el caso de puentes monolíticos) o mediante la interposición de unos elementos comúnmente denominados **apoyos**.

Los apoyos no solamente deberán ser capaces de absorber las fuerzas horizontales y verticales transmitidas por el tablero, sino también deben permitir (según la tipología de la estructura) determinados movimientos e impedir otros.



Fuerzas existentes

Los aparatos de apoyo soportarán y transmitirán a la infraestructura fuerzas que referidas al sistema de ejes (x, y, z) serán susceptibles de tener tres componentes.



Sistema de ejes

La dirección x corresponde a la paralela a la tangente al eje del tablero en la línea de apoyos.

Nomenclatura del apoyo:

$a \times b \times T$

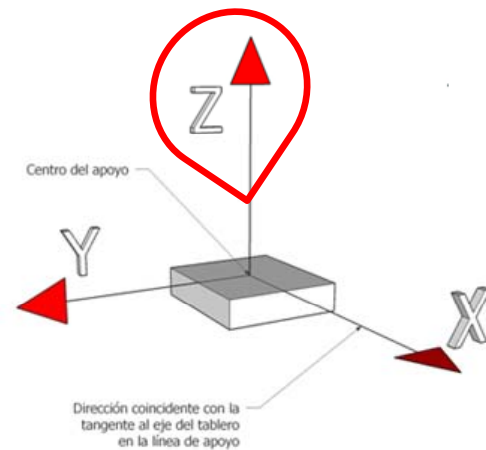
a : lado menor.

b : lado mayor.

T : espesor total.

Fuerzas existentes

ORIGEN DE LAS FUERZAS EXISTENTES

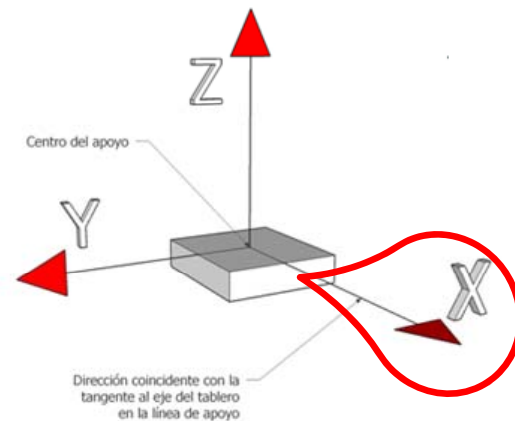


Componente Fz

- Cargas verticales transmitidas por el tablero (CP, SCU y pretensado).
- Descensos en la cimentación.
- Efectos sísmicos.
- Esfuerzos de viento según cantidad de apoyos existentes.

Fuerzas existentes

ORIGEN DE LAS FUERZAS EXISTENTES

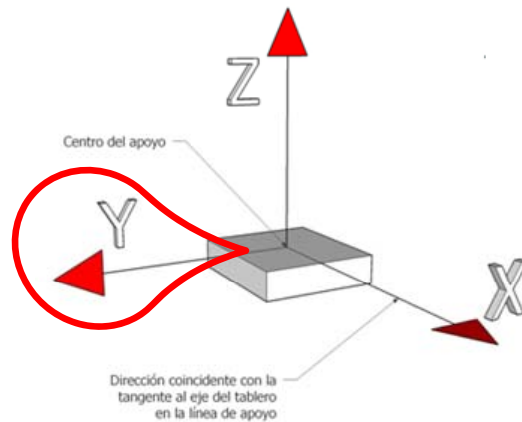


Componente F_x

- Frenado y arranque de vehículos.
- Acortamiento elástico de tableros pretensados.
- Deformaciones termo-higrométricas del tablero.
- Efectos sísmicos.
- Errores en la nivelación del tablero.

Fuerzas existentes

ORIGEN DE LAS FUERZAS EXISTENTES



Componente F_y

- Viento y corriente de agua.
- Deformaciones termo-higrométricas de tableros de ancho considerable.
- Fuerza centrífuga en puentes de planta curva.
- Efectos sísmicos.



**¿NO PUEDE HABER
TRANSMISIÓN DE
MOMENTOS?**

Tipos de apoyo

El objetivo del apoyo es materializar el esquema estructural planteado. Con la evolución de las tecnologías de los materiales se han implementado diferentes formas.

Antiguamente

- Con chapas grafitadas.
- Con rodillos.
- Articulaciones de hormigón.
- Bielas y péndolas.

Actualmente

- Neopreno zunchado.
- Tipo “POT” o caja.
- Deslizantes.
- Anclados o pretensados.
- Más sofisticados.



Apoyos metálicos

Responden al esquema clásico de rótulas metálicas o rótulas metálicas con rodillos, profusamente utilizadas en puentes hasta la aparición de los apoyos de goma, fabricándose hoy en día de aleaciones metálicas muy resistentes tanto a las cargas como al desgaste, habiéndose reducido notablemente su tamaño.



**¿VENTAJAS Y
DESVENTAJAS?**

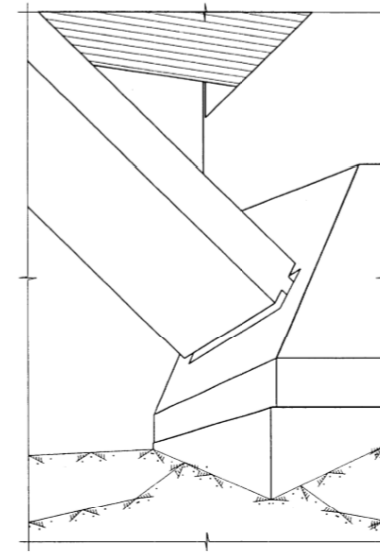


Apoyos metálicos



Articulaciones de hormigón

Es probablemente la tipología antigua más usada, recurriéndose a ella con mucha frecuencia en el caso de puentes arco o puentes pórtico para la unión con la cimentación.

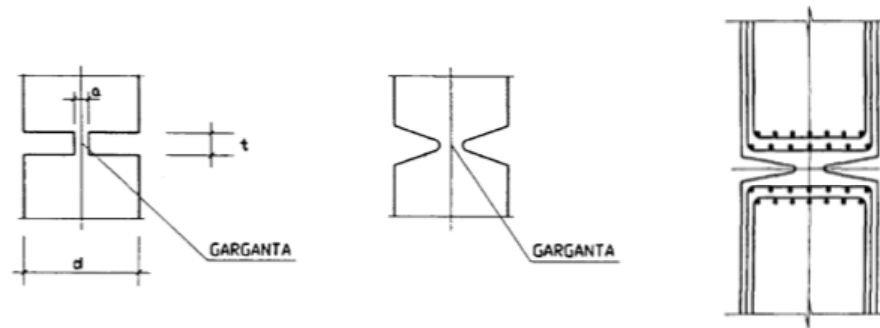


Existen dos tipos de articulaciones:

- **Rodantes** (o Caquot): Con rodadura de cilindro o de esfera sobre plano.
- **De sección restringida:** Existen diversas tipologías desarrolladas por distintos autores, algunas con armadura pasante y otras no.

Articulaciones de hormigón

La más común de las articulaciones utilizadas es la Freyssinet que consiste, esencialmente, en una estrangulación de la pieza (garganta de la articulación). En este caso, no suele ser necesario disponer armaduras pasantes cruzadas por el cuello de la rótula. En los extremos enfrentados de las piezas conectadas por la articulación, es preciso disponer las oportunas armaduras de cosido de las tracciones transversales que se producen debido al fuerte estrangulamiento.



El giro entre los elementos unidos a través de la rótula es posible ya que en la garganta el hormigón se encuentra plastificado, dado que se dimensiona para que la compresión media a la que está sometido garantice la citada plastificación.

Existen otras articulaciones, desarrolladas por distintos especialistas (Considère y Mesnager), sobre la que hay bibliografía al respecto.

Bielas y péndolas

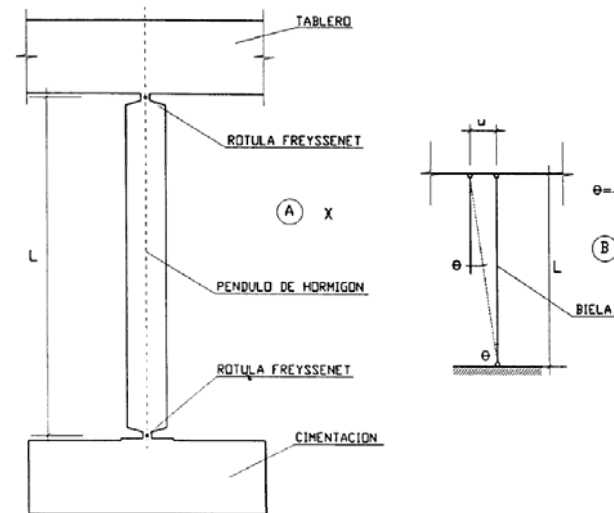
Las bielas consisten en la combinación de dos articulaciones Freyssinet. La articulación superior une el tablero con la biela y la inferior con la cimentación. La longitud de la biela L vendrá determinada por el movimiento horizontal u del tablero que deba absorber.

La longitud mínima de la misma, será:

$$L \geq 200u$$

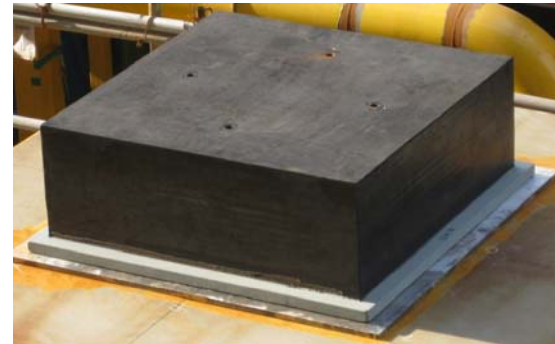
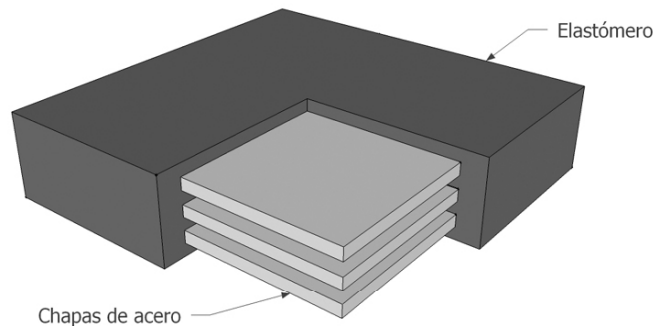
En el caso de las péndolas, su altura es menor que las bielas y funcionan como elementos de rodadura sin deslizamiento.

No son susceptibles de absorber cargas horizontales longitudinales ni de transmitirlas a la cimentación.



Apoyos de neopreno zunchado

Están constituidos en esencia por un bloque de elastómero (material sintético similar al caucho natural) que lleva intercaladas en su masa y vulcanizadas con la goma, y por tanto firmemente adheridas a ella, unas chapas de acero. Lo normal es utilizar cauchos sintéticos de los cuales el más común es el neopreno.



Frente a las cargas verticales transmitidas por el tablero, los apoyos son deformables (despreciable en el diseño del tablero).

Un dato de gran importancia es el **módulo de elasticidad transversal del elastómero** (G). Para acciones lentas (deformaciones termo-higrométricas) suele estar comprendido entre 8 y 12 kg/cm² y para acciones instantáneas (frenado, viento) es del orden del doble.

Apoyos de neopreno zunchado



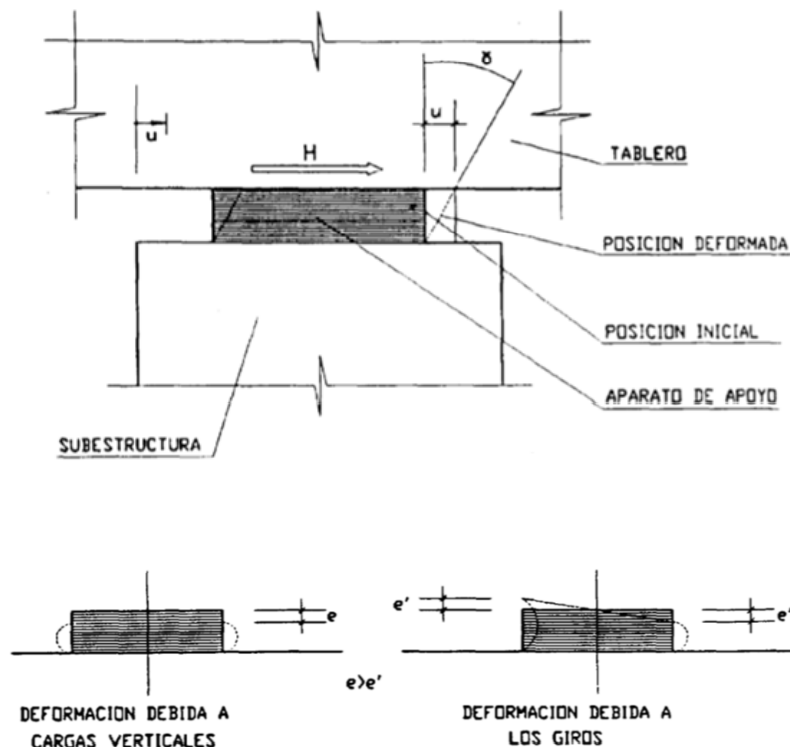
Apoyos de neopreno zunchado



Esquema de funcionamiento

- Frente a las cargas verticales transmitidas por el tablero sufren acortamientos.
- Permiten los giros relativos entre el tablero y la infraestructura (giros cuyo eje está contenido en el plano xy) sin apenas ejercer coacción a los mismos.
- Gracias a su deformabilidad en el plano xy , permiten los movimientos relativos horizontales entre el tablero y la infraestructura.

Apoyos de neopreno zunchado



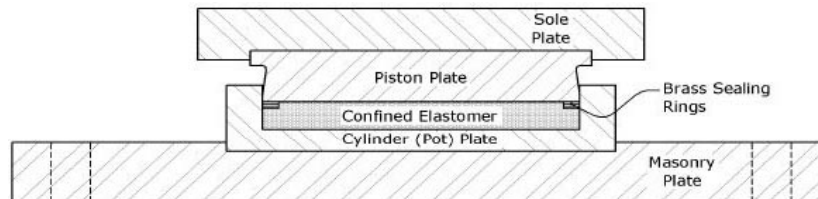
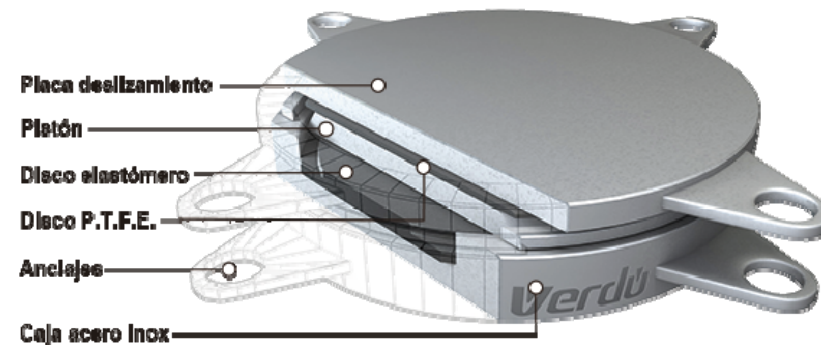
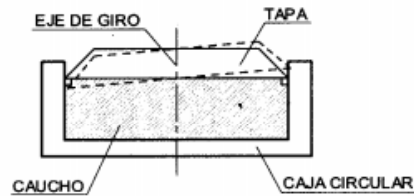
Limitaciones

- Distorsión angular $\gamma = u/T$ debido a acciones lentas e instantáneas.
- Limitación de la presión vertical máxima (15 MPa) y mínima (3 MPa).
- Condición de no deslizamiento.
- Condición de estabilidad.
- Giro admisible.
- Limitación de la tensión tangencial total en el contacto goma-zunchos de acero.
- Espesor mínimo de las chapas de acero ($e \geq 2$ mm).

Apoyos tipo "POT" o caja

Consisten esencialmente en una lámina cilíndrica de caucho o neopreno de relativamente poco espesor, que está completamente encapsulada en una caja de acero. Sobre la lámina de caucho actúa un pistón de acero que es solidario con el tablero mediante pernos.

Se trata de apoyos fijos que permiten los giros relativos entre el tablero y la infraestructura e impiden los movimientos relativos en el plano xy.



¿A QUÉ SE
ASEMEJA
APOYO?

Apoyos tipo “POT” o caja

Se suelen utilizar hasta tensiones verticales del orden de los 25-30 MPa, empezando a tener una capacidad de rotación apreciable para tensiones verticales por encima de los 5 MPa, pudiendo ésta llegar a ser del orden de los 0,02 rad.

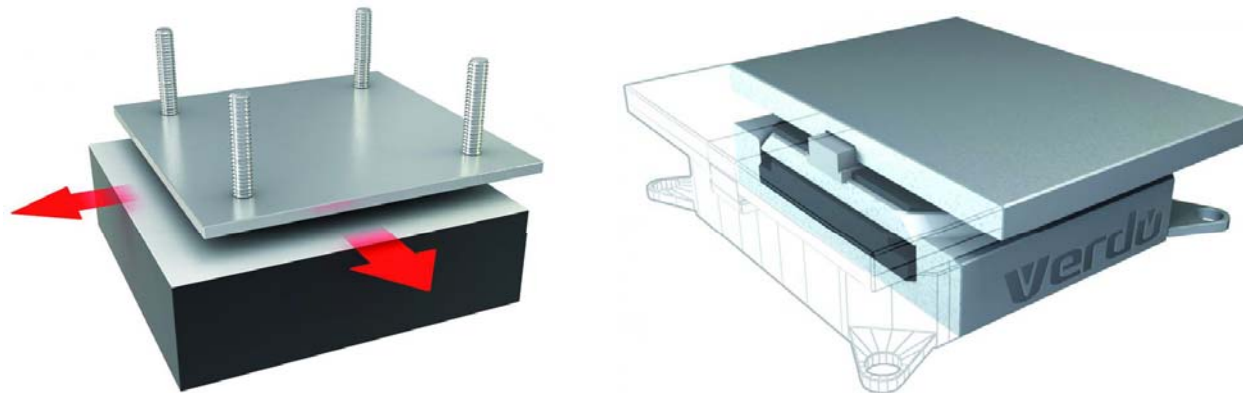


Puente en la línea ferroviaria AVE Madrid – Barcelona



Apoyos deslizantes

Son una tipología derivada de las dos anteriores (idem. comportamiento en cuanto a cargas verticales y giros), donde los movimientos horizontales del tablero se absorben por deslizamiento de éste sobre las pilas y estribos transmitiendo a la infraestructura una fuerza horizontal no mayor que $\mu \cdot N$ (μ : coeficiente de rozamiento entre las superficies que deslizan, N : la reacción vertical).



Lleva adherida en su parte superior una lámina de teflón (material que es virtualmente inmune al ataque químico y que tiene unas excelentes características de resistencia al envejecimiento al igual que un bajo coeficiente de rozamiento) y a su vez el tablero lleva solidario con él un palastro de acero en el que en su cara inferior se dispone una lámina de acero inoxidable.

Apoyos deslizantes

Situaciones de uso

- Cuando las longitudes de dilatación-contracción de los tableros son tales que no es posible absorber los movimientos horizontales de los mismos por la deformabilidad conjunta de la infraestructura y de apoyos de neopreno zunchado convencionales.
- Cuando al ser necesario un apoyo tipo “POT”, al establecer una vinculación fija entre el tablero y la infraestructura, los esfuerzos originados en la infraestructura resulten inadmisibles.

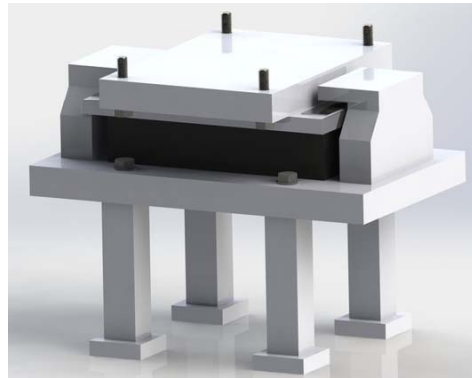


Apoyos deslizantes

La vinculación que establecen estos apoyos entre el tablero y la subestructura es, mientras no se venza el rozamiento, análoga a los de neopreno zunchado (vinculación elástica) o a los tipo "POT" según sea la tipología de la que deriven.

Una vez vencido el rozamiento, el apoyo funciona como completamente libre sin establecer ningún tipo de vinculación entre el tablero y la infraestructura y transmitiendo una fuerza constante $\mu.N$.

σ Kp/cm ²	100	200	300	400
μ	0,050	0,040	0,030	0,027



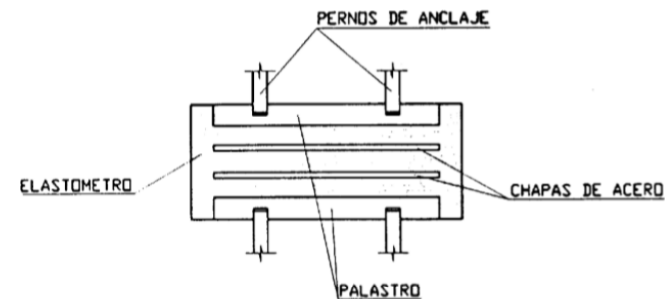
Se pueden disponer aparatos de apoyo deslizantes unidireccionales en los que se dispone una guía de manera que el movimiento está impedido en sentido transversal a la guía. En este último caso, tanto la guía como los pernos inferiores deben estar dimensionados para resistir las acciones transversales transmitidas.

Apoyos de neopreno zunchados anclados

Son apoyos de neopreno zunchado anclados al tablero y a la infraestructura. Se utilizan cuando:

- No es posible asegurar la condición de estabilidad al deslizamiento del apoyo ya que el tablero tiende a deslizarse por encima del apoyo.
- Las tensiones medias en el aparato de apoyo están comprendidas, en algunas hipótesis de carga, entre 1 y 2 MPa.

El bloque de neopreno zunchado lleva vulcanizados, junto con la goma del aparato de apoyo, dos palastros de los que a su vez derivan unos pernos que se anclan al tablero y a la infraestructura.



Apoyos pretensados verticalmente

En puentes continuos con vanos laterales cortos o tableros con luces de torsión importantes en que ésta se acumula en los estribos, es frecuente que en alguna de las hipótesis de carga del tablero se produzcan reacciones negativas que es necesario absorber en los aparatos de apoyo.

Para ello es necesario recurrir a dispositivos de anclaje del tablero especiales que, combinados con los aparatos de apoyo, absorban las reacciones negativas.

Resulta frecuente recurrir a sistemas de anclaje del tablero de tipo activo (pretensado) de manera que además de anclar el tablero a la infraestructura garantizando la absorción de reacciones negativas, precompriman el apoyo a fin de que al producirse la reacción negativa quede en éste una compresión residual que garantice la capacidad de absorción de giro necesaria en cada caso.

Colocación de los apoyos

Además de las recomendaciones que pueda hacer el fabricante de los apoyos:

- Las caras superior e inferior deben ser perfectamente paralelas y estar en planos horizontales. La manera habitual de conseguir esto es mediante **morteros de nivelación** y **tacones de apoyo**.
- Siempre es aconsejable prever en el diseño de los aparatos de apoyo un posible giro inicial debido a errores de nivelación.
- Puede ser necesario armar las placas de mortero de nivelación, en función del espesor que tengan.



Colocación de los apoyos



- Dejar **resguardos mínimos** en planta desde el borde de los aparatos de apoyo a los paramentos verticales.
- Los apoyos de neopreno zunchado siempre se colocarán con el lado mayor paralelo a la línea de apoyos buscando minimizar la coacción al giro longitudinal del tablero.
- El reglaje de las placas de acero de los apoyos deslizantes debe quedar perfectamente definido en proyecto.
- Las dimensiones de las placas de acero serán tales que, además de cubrir los desplazamientos máximos en un sentido y en otro sin que se pierda el contacto entre la placa y el teflón, tengan **holguras de seguridad**.

Consideraciones en el diseño

Al proyectar las zonas de apoyo en pilas y estribos, siempre se ha de tener en cuenta:

- Que sea posible la colocación de todos los dispositivos que se requieran para la sustitución de los apoyos una vez que estos hayan alcanzado su vida útil.
- Que no se produzca la acumulación de agua, sino que por el contrario se realice una correcta evacuación.



**¿CÓMO SE LOGRA
ESTO?**



Consideraciones en el diseño

Cualquier operación de sustitución de aparatos de apoyo pasa por un **levantamiento del tablero** donde se deben considerar:

- Tipos de gatos hidráulicos a utilizar (convencionales o gatos planos), lo cual es función del espacio existente.
- Esquema del circuito hidráulico a usar.
- Definición precisa de las fuerzas necesarias en los gatos y de la situación de los mismos.
- Realizar las comprobaciones estructurales oportunas tanto en el tablero como en la parte superior de la infraestructura, al modificar puntos de apoyo.
- Establecer el desplazamiento vertical máximo admisible.
- Interrupciones temporales del tránsito superior.



Bibliografía

- Obras de paso de nueva construcción – Conceptos generales. Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento de España.
- Nota técnica sobre aparatos de apoyo para puentes de carretera. Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento de España.
- Material de Fernando Sima de la materia Puentes de la Universidad de la República Oriental del Uruguay. Año 2014.
- Elementos constructivos singulares de hormigón armado. J. R. Robinson. Año 1977.