

# ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

## ARTICULO TÉCNICO:

### DISEÑO SISMORESISTENTE DE CONEXIONES EMPERNADAS DE ACERO EN EDIFICIOS

**AUTOR:** SR: GONZALO EDUARDO LARA SALAZAR

## ANTECEDENTES:

El diseño adecuado de las conexiones no solo estriba en la seguridad sino que también representa un costo significativo en la construcción, por lo que una buena conexión es aquella que resulta práctica, sencilla, económica y segura, la predicción del comportamiento de una estructura ante las solicitaciones que actuarán en ella, aspecto fundamental del diseño sísmico, se basa en las características que tienen los materiales que la constituyen, es imprescindible considerar que el comportamiento de las conexiones es muy complejo y más difícil de predecir que el de los miembros estructurales.

## 1. OBJETIVOS

- Definir las directrices y principios fundamentales en el comportamiento, análisis y diseño estructural de conexiones emperradas capaces de resistir eficientemente cargas gravitatorias y dinámicas
- Profundizar en el diseño estructural para obtener estabilidad y aspectos prácticos de las conexiones.

- Seleccionar el material constructivo primario ideal para garantizar un comportamiento óptimo de las conexiones y la economía del proyecto.
- Diseñar la conexión adecuada ante limitaciones y restricciones de cada proyecto.

## 2. PERNOS

El perno es un pasador de acero con una cabeza formada en un extremo y con una rosca en el otro, que permite su fijación a las piezas por unir, por medio de una tuerca que debe apretarse una vez que el perno se ha colocado a través de un agujero.

Los pernos estructurales tienen normalmente cabezas cuadradas o hexagonales. En pernos de alta resistencia pueden requerirse roldadas con superficie endurecida.



Las primeras investigaciones relacionadas con el uso de los pernos de alta resistencia en estructuras de acero datan de 1937 en Inglaterra. Hasta 1948, cuando se aprobó el uso de pernos de alta resistencia en las conexiones estructurales de edificios de acero. Los medios de unión y los elementos auxiliares de la unión deberán dimensionarse para transmitir el 100% de la fuerza axial requerida de la barra.

## TIPOS DE PERNOS DE ACERO ESTRUCTURAL

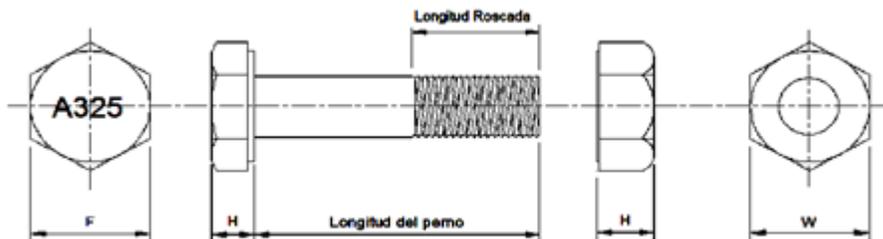


Figura 1. Perno de Alta resistencia ASTM A325 (NOM-H-124)

En conexiones estructurales de acero se utilizan dos tipos de pernos, los llamados comunes y los de alta resistencia. Se designan, con el nombre que les otorgan las normas ASTM (American Society of Testing Materials) o NOM (Normas Oficiales Mexicanas) para especificar sus características químicas y mecánicas, los primeros como pernos A307 (NOM-H-118) y los de alta resistencia como pernos A325 (NOM-H-124) o A490 (MOM-H-123).

## ESPECIFICACIONES PARA PERNOS ESTRUCTURALES

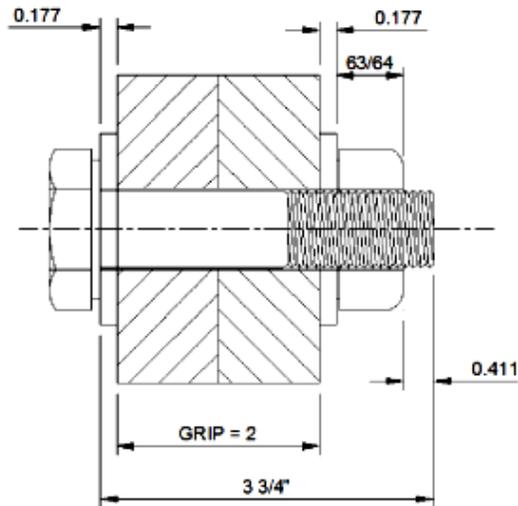
ASTM A325 ó NOM-H-124

- $F_u = 8440 \text{ kg/cm}^2$  (830 MPa.) para  $d \leq 25.4 \text{ mm}$  (1 pulg.)
- $F_u = 7380 \text{ kg/cm}^2$  (725 MPa.) para  $d > 25.4 \text{ mm}$  (1 pulg.)

ASTM A490 ó NOM-H-123

- $F_u = 10550 \text{ kg/cm}^2$  (1035 MPa.)

Para determinar la longitud necesaria de los pernos los valores aparecen en la Tabla C-2.2 del RCSC. Research Council on Structural Joints,



Longitud total de perno de 1 pulg. de diámetro

Longitud a aumentar al grip de acuerdo al diámetro del perno

Diámetro Nominal Del Perno	Para determinar. La longitud requerida agregar al grip
1/2	11/16
5/8	7/8
3/4	1
7/8	1 1/8
1	1 1/4
1 1/8	1 1/2
1 1/4	1 5/8
1 3/8	1 3/4
1 1/2	1 7/8

## RESISTENCIA DE PERNOS DE ALTA RESISTENCIA

En general, la fuerza que actúa en un perno que forma parte de una conexión estructural se puede idealizar como:

- Tracción  
Los pernos utilizados en tirantes verticales son un ejemplo de los pocos casos en que trabajan a tracción directa.
- Cortante  
Los pernos de empalme con placas adosadas, las placas de nudo de armaduras y las conexiones flexibles trabe-columna trabajan a cortante.
- Tracción y cortante combinados  
Los pernos de conexiones rígidas entre vigas Y columnas trabajan a tracción y cortante combinados.

## MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE LA CARGA

### Conexiones tipo fricción:

Los pernos al apretarse y alcanzar esfuerzos altos de tensión, dan como resultado una considerable resistencia al deslizamiento en la superficie de contacto que es igual a la fuerza de apriete multiplicada por el coeficiente de fricción.

$$F = \mu * N$$

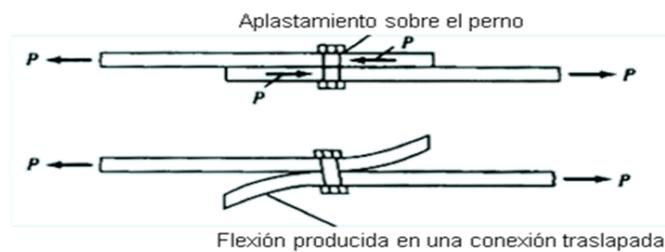
### Conexiones tipo aplastamiento:

Cada perno es capaz de resistir una carga  $P = F$  si  $P > F$ , y se presenta el deslizamiento se tendrá entonces a la fuerza cortante y de aplastamiento.

En los pernos la acción combinada del corte y la tracción se trata por separado ya que la tracción reduce la resistencia al corrimiento entre las placas y esto facilita que las cuerdas se aflojen. En las conexiones tipo aplastamiento por otro lado la acción combinada evidencia una distorsión en el vástago que disminuye su capacidad de resistir cargas adicionales de tracción.

## TIPOS DE CONEXIONES

**Conexión traslapada:** Tiene el inconveniente de que el eje de gravedad de la fuerza en un miembro no es colineal con el eje de gravedad de la fuerza en el otro miembro

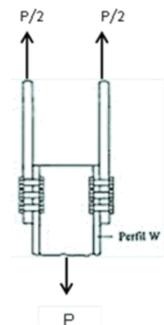


**Conexión a tope:** Una conexión a tope se forma cuando se conectan tres miembros.



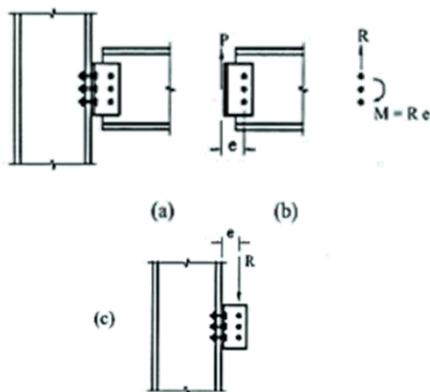
### Conexión de plano doble:

Los pernos están sujetos a cortante simple y aplastamiento pero no se presenta el momento flexionante, En este tipo de conexión los pernos están sujetos a cortante simple en dos planos diferentes.



## Conexiones Excéntricas

En una conexión excéntrica la resultante de las cargas no pasa por el centro de gravedad de los sujetadores, en un plano de simetría la distancia del centroide del área de corte de los sujetadores a la línea de acción de carga se llama excentricidad, aunque en la mayoría de casos esta es muy pequeña sin embargo se recomienda revisar



## Conexiones a Momento

Las Especificaciones AISC definen dos clases de construcción

- **Tipo FR – Totalmente restringida**

Este tipo de estructura tiene conexiones resistentes a momento, sin rotación relativa de los miembros

- **Tipo PR – Parcialmente restringida**

En este tipo de construcción el pórtico se diseña con base en una cantidad conocida de restricción, si se desprecia la restricción parcial, las vigas pueden tratarse como simplemente apoyadas

## ATIESADORES DE COLUMNAS Y OTROS REFUERZOS

El momento transmitido en una conexión rígida de la viga a la columna toma forma de un par de fuerzas, la aplicación de estas fuerzas (Tensión y Compresión), pueden requerir refuerzo en la columna

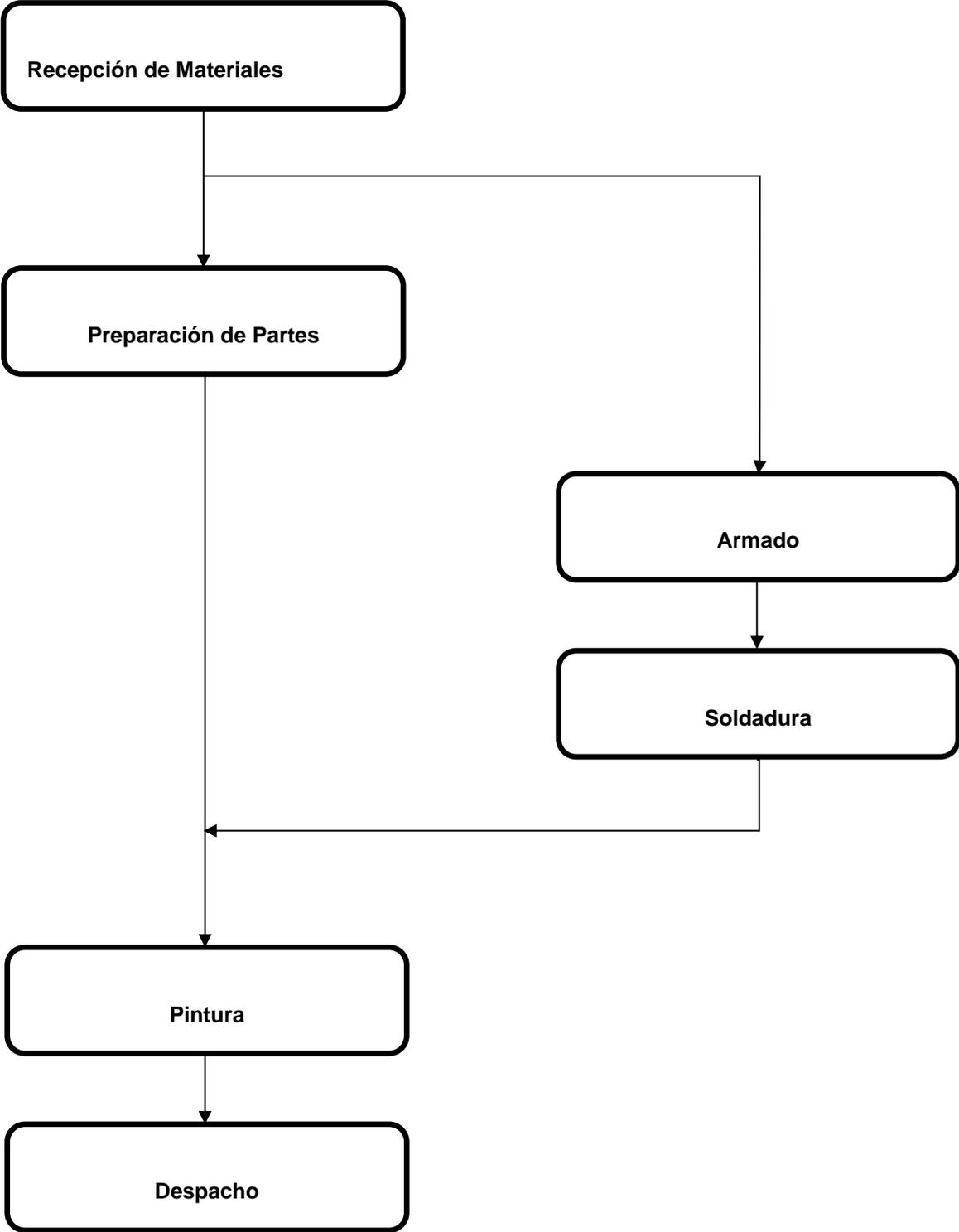


## OBSERVACIONES FINALES

En esta investigación enfatizamos el diseño y el análisis de los pernos y las soldaduras más que el de los dispositivos de conexión, tal como los ángulos de enmarcamiento y asiento de vigas. En la mayoría de los casos, las normas por aplastamiento en conexiones emperradas y por cortante del metal base en conexiones soldadas, garantizan una resistencia adecuada de esas partes. Sin embargo, algunas veces se requieren de investigaciones adicionales del cortante. En otras ocasiones deben considerarse la tensión directa y la flexión.

La flexibilidad de la conexión es otra consideración importante. En una conexión por cortante (estructuración simple), las partes de la conexión deben ser lo suficientemente flexibles como para permitir que la conexión gire bajo la carga. Sin embargo, las conexiones tipo FR (conexiones rígidas) deben ser suficientemente rígidas de manera que la rotación relativa de los miembros conectados se mantenga en un mínimo.

**DOSSIER DE CALIDAD**



## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1) Las principales ventajas de las conexiones empernadas están en la rapidez de ejecución, el bajo nivel de calificación requerido para construirlas, la facilidad de inspección y reemplazo de partes dañadas y la mayor calidad que se obtiene al hacerlas en obra comparadas con conexiones soldadas. Entre las desventajas se pueden mencionar el mayor trabajo requerido en taller, lo que puede significar un costo más alto: el mayor cuidado requerido en la elaboración de los detalles de conexión para evitar errores en la fabricación y montaje; la mayor precisión requerida en la geometría, para evitar interferencias entre conectores en distintos planos; el peso mayor de la estructura, debido a los miembros de conexión y los conectores y, el menor amortiguamiento.

2) Las conexiones empernadas tienen como finalidad resistir cargas axiales, fuerzas cortantes y momentos flexionantes producidos por las acciones que el proyectista haya considerado.

3) En el análisis de las conexiones, se deben considerar todas las fuerzas que tengan una buena probabilidad de presentarse durante la vida útil de la estructura.

4) Al diseñar una conexión se debe garantizar no solamente que no se producirá el colapso o falla, sino que tampoco se presenten desplazamientos y deformaciones excesivas.

5) Es necesario que las conexiones cumplan con requisitos mínimos de precisión geométrica, con el fin de que permitan la unión de los elementos que

integran una estructura, sin necesidad de hacer ajustes, que siempre elevan el costo del montaje de manera importante. No obstante, las conexiones deben diseñarse con tolerancias, ya que por mucho cuidado que se ponga en la fabricación, tanto de éstas como de los elementos prefabricados que van a unir, siempre existen pequeños errores de dimensiones. Por otra parte, si la conexión requiere de un ajuste demasiado afinado, las operaciones de montaje se complican.

6) Las conexiones en los extremos empotradas de vigas deben ser diseñadas para el efecto combinado de fuerzas de momento y corte inducidos por la rigidez de la conexión.

7) Las conexiones diseñadas a compresión deben también ser dimensionadas para resistir cualquier tracción producida por las combinaciones de carga.