

# Contenido

## **Capítulo 1**

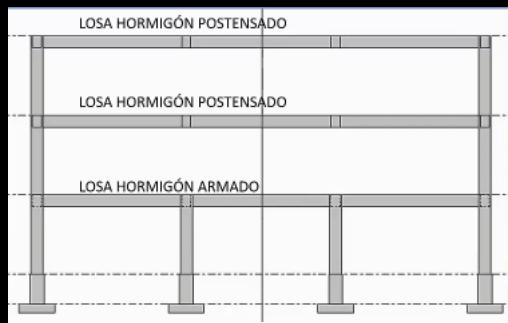
# **SISTEMAS DE LOSAS POSTENSADAS**

## 1.1 USO DE LOSAS POSTENSADAS EN EDIFICACIONES

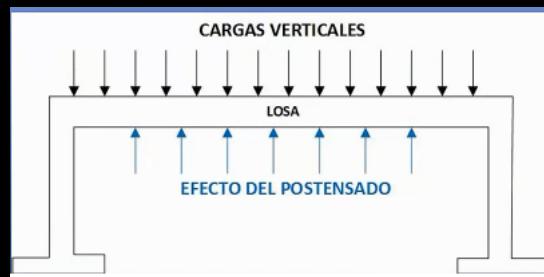
Esta es una imagen que se hizo en Bolivia, en el departamento de Potosí, donde se tenía la idea de eliminar las dos columnas marcadas de color rojo.



En la siguiente imagen se muestra un esquema de la primera losa de hormigón armado y luego una losa postensada, para precindir de las columnas en las losas superiores. Es decir por razones de funcionalidad se quería hacer salón de fiestas, Es decir que se tiene que verificar que cumpla con la vibración permitida.



A través de los cables y los anclajes se logra generar una carga opuesta al peso propio, como se muestra en la siguiente imagen



## 1.2 MATERIALES

- HORMIGÓN, ACERO (barras corrugadas)
- CABLE PARA POSTENSADO
- ANCLAJES

En la siguiente imagen se muestra el cable para puentes, que coloquialmente le decimos cable pelado. La tecnología que se usa en la mayoría de los puentes, en las vigas que se postensan se llama "sistema adherido", en este curso vamos a ver el "sistema no adherido".

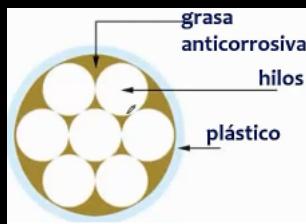


Para el "sistema no adherido" se utiliza el mismo cable pero esta recubierto con grasa y una capa de plastico.



El diametro que más se utiliza es el de media pulgada o de 12.7 mm, en los catalogos de los fabricantes se puede encontrar diferentes diametros pero el de diametro 12.7mm es el mas comercial.

### 1.3 DETALLE CABLE PARA POSTENSADO NO ADHERIDO



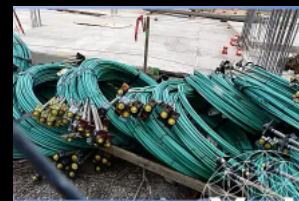
Se puede apreciar que es un toron de siete hilos recubierto con una capa de plastico y engrasado, nosotros le decimos engrasado y envainado.



Una vez que se realiza el tesado en una losa postensada no se requiere inyección de lechada

### 1.4 DETALLE CABLE PARA POSTENSADO NO ADHERIDO

- El cable viene en bobinas de 2 a 2.5 toneladas.
- El cable pesa 0.88 kg/ml



Una de las ventajas de usar el diámetro de media pulgada es que es flexible. Podemos observar en la imagen que el material puede tener vainas de diferente color, llegan en bobinas que pesan entre 2 a 2.5 toneladas. El peso del cable incluyendo la grasa es de 0.88 kg/ml.

## 1.5 DETALLE ANCLAJES PARA POSTENSADO NO ADHERIDO

- Anclaje mide 6.5 cm x 12.5 cm aprox. Puede ser activo (vivo) o pasivo (muerto). Consigue el efecto del postensado transmitiendo la fuerza del cable a la masa de hormigón.
- Cuña de 2 piezas. Sujeta el cable al anclaje.
- Se colocan dos anclajes por toron.



El sistema que mas se utiliza es monotoron, se llama monotoron, porque cada toron tiene su par de anclajes. Necesita un anclaje en cada extremo. El cono lo ponemos al anclaje activo (lo llamamos vivo), para poder hacer la limpieza despues del hormigonado, cuando se haya que tesar la losa.

Los que fabrican mejor los torones segun el Ing. Abner son los Estadounidenses. y tambien son los mas economicos aunque parezca dificil de creer. Generalmente el material hecho en china es mas economico, pero en este caso el material Americano es más economico y es mejor.

## 1.6 ANCLAJES ENCAPSULADOS PARA POSTENSADO NO ADHERIDO



Un problema en las estructuras que se hacen en la costa, a orillas del mar, es el ataque o la corrosión que pueden sufrir los anclajes, en el acero en general, se ha previsto eso, ahora se fabrican anclajes plastificados, estos anclajes se recomienda en lugares agresivos. Respecto al costo los anclajes cuestan de dos a tres veces el anclaje que no esta plastificado. Hablando de las ciudades de Bolivia, no es necesario usar los anclajes plastificados.



## 1.7 DETALLE DE ANCLAJE + CUÑA + CABLE



Cada toron se instala dentro de la masa de hormigon, donde el extremo donde tesamos el cable le llamamos "activo" o "vivo" y el otro extremo le llamamos "pasivo" o "muerto". En el anclaje activo dejamos un pedazo libre de cable para que el gato hidraulico pueda sujetar y jalar el cable, ese pedazo debe medir por lo menos 30 cm para que el gato hidraulico pueda realizar el tesado sin ningun problema. En el extremo muerto no es necesario dejar el pedazo libre, el extremo muerto se tesa en taller, antes de la instalación del toron dentro de la masa de hormigon. El anclaje muerto se tesa con alrededor del 50% de su capacidad.

## 1.8 EQUIPO PARA POSTENSADO

- El equipo es un circuito hidráulico que proporciona una fuerza de 15 toneladas (cable de 12.7 mm) para estirar (tesar) el cable.
- El gato para postensado pesa 18 kg y la bomba puede pesar hasta 20 kg.

Estos equipos han sido diseñados para trabajos en altura por lo livianos que son, se puede trabajar en un piso 20, en un piso 30 debido a su bajo peso, existen otros equipos mas pesados que son utilizados para losas en pisos de poca altura, mientras mas liviano su uso puede ser para pisos que estan a mayor altura, para trabajos en altura, el gato que vemos en la figura puede tener una fuerza de tracción de 20 toneladas, pero solo se requiere una fuerza de 15 toneladas para estirar los cables. El losas postesadas.

## 1.9 Precio solo del Gato de postensión



SPX Power Team SJ2010DA Jack de tensión de poste de doble acción con asiento eléctrico, 0.50 pulgadas, capacidad de 20 toneladas, carrera de 8 1/2 pulgadas.

Marca: Marca: SPX POWER TEAM

Detalle de costo (Producto nuevo en amazon web):

Precio = 9213 usd

Importación = 2,239.96 usd

Total = 11453 usd (dolares americanos)

Especificaciones para este Producto:

Capacidad de carga : 20 ton

Material : Acero

Peso del producto : 45 libras.

Preción operativa máxima : 10000 pounds\_per\_square\_inch

Número de modelo : SJ2010DA

## 1.10 Precio solo de la bomba electrica



Spx equipo de energía PE462 Bomba Hidráulica eléctrica/Power Pack 4 vías Válvula 230V

Producto Nuevo.

Total = 8850 usd (dolares americanos)

Especificaciones para este Producto:

Estado del artículo : Nuevo

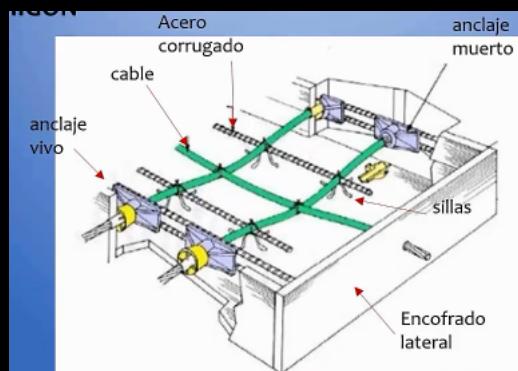
Rated Pressure : 10000 psi (700 bar)

Power Source : Electric

Brand : SPX POWER TEAM

Pump Action : Double Acting

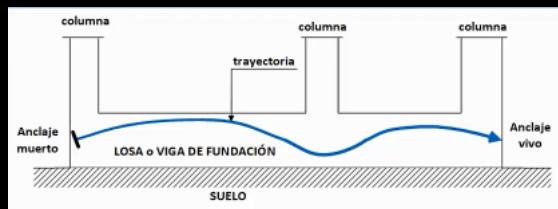
## 1.11 POSICION DEL CABLE EN LA LOSA DE HORMIGON



Para darle la trayectoria o perfilado a los tendones vamos a usar barras corrugadas, se puede apreciar en la imagen las llamadas sillas que son de acero corrugado y tambien las barras que van de silla a silla en la imagen y que son de 12 mm de diametro en una losa llena para poder soportar el peso del obrero.

La separación máxima de las sillas (un metro), tambien se puede ver en la imagen los conos que estan dibujados de color amarillo, una vez que el hormigon ha alcanzado la resistencia adecuada estos conos se retiran y se realiza el tesado de los cables.

## 1.12 POSICION DEL CABLE EN LOSAS Y VIGAS DE FUNDACION



La trayectoria en el caso de una fundación postensada es inversa.

## 1.13 ELEMENTOS USADOS PARA DAR LA TRAYECTORIA AL CABLE

- Las sillas deben ser de diferentes alturas.
- Las sillas pueden ser fabricadas en obra o prefabricadas (de plástico adecuado)
- Es conveniente usar prefabricados para alturas pequeñas.



## 1.14 Losa llena (maciza)



En los sectores donde se ven tendones agrupados se les llama bandas, se acemejan a vigas. y en la otra dirección estan los tendones distribuidos, se acemejarían a viguetas.

Puede haber solo bandas en una losa, tambien puede darse el caso de que solo haya tendones distribuidos en una losa.



Pero esta combinación de bandas y en el otro sentido tendones distribuidos es el arreglo mas optimo al que se ha llegado.



Ahora vemos un detalle de losa llena en la zona de los anclajes activos.

El instituto del postensado recomienda en lasas llenas que como minimo se coloque 2 cables en la zona de tendones distribuidos.

Por otro lado se puede notar en la imagen que las instalaciones electricas estan dentro de la masa de hormigon (dentro de la losa maciza.)



Hay una malla inferior distribuida (barras corrugadas) que como armadura minima exige la norma europea, pero

la norma americana no exige dicha malla inferior. Por otro lado en el borde de losa donde se encuentran las losas anclajes activos la norma europea recomienda una vigas de borde, es decir cuatro barras y estribado formando una viga de borde mientras que en la norma americana solo se exige dos barras de 12 mm.

En las ciudades como La Paz y el Alto el hormigón alcanza la resistencia de 21 Mpa a los siete días mientras que en las ciudades como Cochabamba y Santa Cruz se alcanza un hormigón con resistencia especificada de 21 Mpa al tercer o cuarto día. Una vez que se hace el tesado ya se puede retirar el encofrado de losa, solo hay que dejar unos cuantos puntales.

En losas postesadas aligeradas también se recomienda por parte del instituto del postesado poner 2 cables, y vemos que estos nervios tienen una separación de un metro.

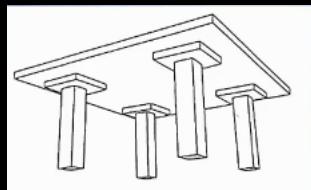
La tolerancia en la elongación del cable es de más menos siete por cientos. Luego se corta el cable sobrante y se tapa con un plástico el hueco de los anclajes para su sellado con mortero y aditivo para que expanda el mortero y evitar ataque de agentes químicos, luego queda así durante toda su vida útil, no se necesita mantenimiento esta losa, no se necesita hacer un retesado durante la vida útil de la losa.

La losa llena es la estrella de las losas postensadas por su velocidad de ejecución y su versatilidad para lograr geometrías complejas en planta.

Las experiencias del Ing. Abner construyendo losa en la ciudad de La Paz con columnas separadas 8 m de uso residencial logrando construirse con una losa llena de 20 cm de espesor y con un hormigón con una resistencia especificada de 28 Mpa.

## 1.15 TIPOS DE LOSAS POSTENSADAS (LOSAS LLENAS CON CAPITELES)

- Luces hasta 13 m
- Se adapta a geometrías complejas
- Cargas ligeras a pesadas (unidades habitacionales, parqueos de vehículos grandes, jardines y otros).

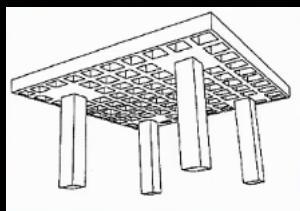


Se aconseja que el espesor del capitel, es decir por debajo de la losa llena no sea menor a 15 cm por facilidad constructiva.

Es decir no es necesario aumentar el espesor de toda la losa simplemente aumentar capiteles en la zona de las columnas.

## 1.16 LOSAS ALIGERADAS EN DOS DIRECCIONES O TIPO WAFFLE

- Luces hasta 14 m
- Cargas ligeras a pesadas (unidades habitacionales, parqueos de vehículos grandes, jardines y otros.)

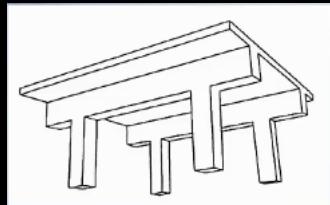


Nos damos cuenta que hemos llegado al límite de la luz entre columnas, es decir a la longitud de la losa con lo que en las armaduras empiezan a incrementar considerablemente, o la carga es muy grande para la losa, entonces hay que buscar otra alternativa, entonces nos damos cuenta que la losa requiere mucho acero adherido o mucho cable, entonces se busca otra alternativa de solución.

Las losas aligeradas en comparación a las losas llenas son más lentas de ejecutar, es decir que las losas llenas son más rápidas de construir, otra observación es que entra más acero adherido en una losa aligerada que en una losa llena, pero en una losa aligerada entra menos cable.

## 1.17 LOSAS LLENAS CON VIGAS DESCOLGADAS

- Luces de las vigas hasta 20m
- Luces en la losa llena hasta 6m
- Menor cantidad de cable
- Menor cantidad de hormigón
- Más acero adherido



Cuando la luz es grande superior a los 14m ya se necesitan vigas descolgadas, en la figura que se muestra es el campo ferial chuquiago marca que tiene una viga de 28 m de luz

## 1.18 LOSAS ALIGERADAS EN UNA DIRECCIÓN

- Luces de las vigas hasta 14m
- Luces de las vigas hasta 12m
- Menor cantidad de cable.
- Menor cantidad de hormigón.
- Mayor cantidad de acero adherido.



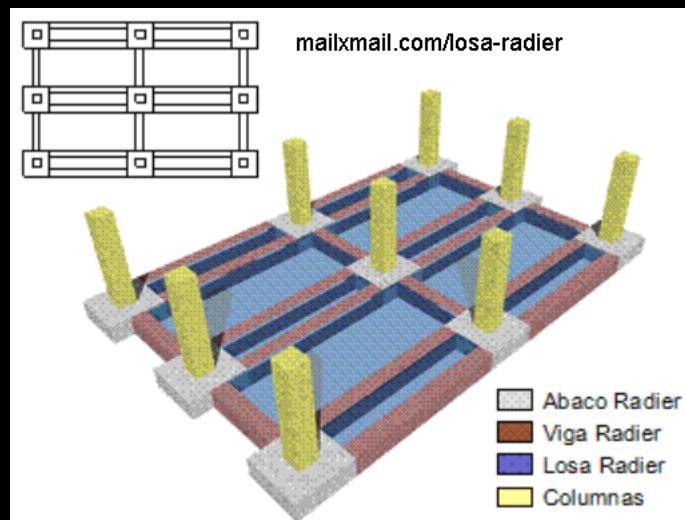
En la imagen vemos una viga banda plana y los demás son nervios. Luego en la imagen siguiente vemos una losa plana de unos 8.5m que tiene una viga plana apoyada en las columnas, me imagino que la viga plana también es postesada y que se tesa pasando los cables por la columna quitando sección a la columna.



El Ing. Abner nos muestra otras losas que se resolvieron sin vigas descologadas y que tienen una luz de 12.5m con un espesor total de losa de 35cm, es decir que si hacemos  $h/35$  vemos que sale un espesor de 35cm. cumpliendo la teoría.

## 1.19 FUNDACIONES POSTENSADAS EN SUELOS MALOS

Se puede usar la técnica del postensado para losas de fundación por ejemplo realizando vigas radier que conectan a las columnas, estas vigas son postensadas, algo interesante a resaltar es que este tipo de fundación se puede realizar con un mínimo de resistencia especificada 18 Mpa, y no así de 28 Mpa, también notar que las vigas pueden llevar un solo cable.



Este tipo de fundación el edificios de hasta 3 plantas con una tensión entre 0.5kg/cm<sup>2</sup> a 1kg/cm<sup>2</sup>. Notar que las vigas radier no llevan acero adherido, y si llevan llevan dos barras.



En la imagen se puede notar que se puso un plastico para evitar la infiltración del agua del hormigón funciona tambien como encofrado este plastico.

detrás de los anclajes dos barras de 12mm o en su defecto 1 barra de 16mm, son recomendaciones del instituto del postensado y de la norma ací, se puede construir sin esas barra pero se ha demostrado que son un 25% menos resistentes las losas, en la zona de los anclajes.

## 1.20 VENTAJAS LOSAS POSTENSADAS

- Menor peso propio de la estructura (caso de losas aligeradas).
- Desencofrado inmediato tras tesado.
- Mayores posibilidades en cambios de uso de la estructura (losa plana)
- Reducción en juntas de dilatación.

Segun el Ing. Abner se han hecho losas sin juntas de hasta 100000 m<sup>2</sup>.

En su experiencia el Ing. Abner ha hecho losas de 2000 m<sup>2</sup> sin juntas.

## 1.21 PASARELAS POSTENSADAS CON EL SISTEMA NO ADHERIDO

Las pasarelas salen mas economicas con el sistema no adherido en comparación de con el sistema postensado adherido.



## 1.22 COSTOS

### LOSAS POSTENSADAS:

- Sistema más económico a partir de 7 m de luz.
- Considerar su uso a partir de 6m de luz.

### FUNDACIONES POSTENSADAS:

- Radier postensado es más económico que un radier de hormigón armado.

- Radier postensado más económico que una fundación hecha con pilotes.

En la experiencia de Ing. Abner el uso del metodo del postensado reduce los costos de entre un 4 a 12% respecto a una estructura de hormigon armado tradicional.

video en espera 01:14:28