



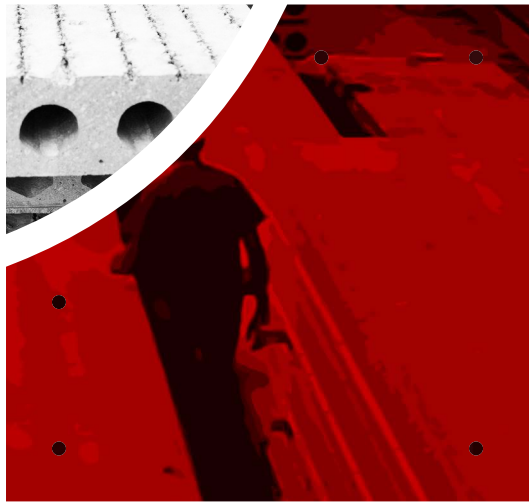
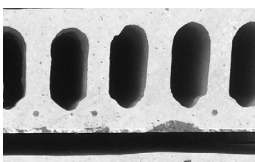
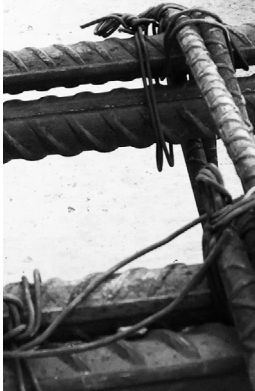
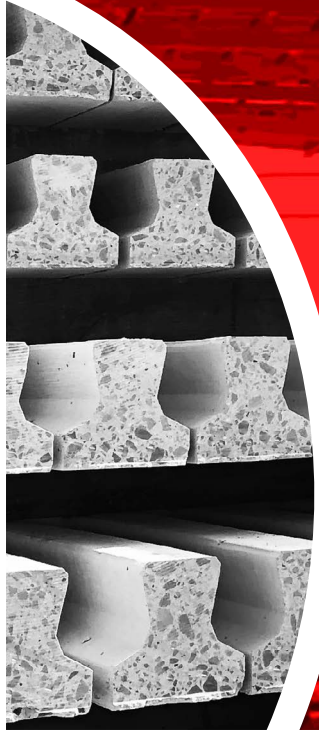
# PETREO<sup>®</sup>

PREFABRICADOS · PRETENSADOS

VIGAS PRETENSADAS · VIGAS PRETENSADAS TUBULARES

· VERSIÓN 2020 ·





# PETREO®

PREFABRICADOS · PRETENSADOS


**Contacte con un asesor**

Para más informes de nuestros productos

**+52 (384) 733-9726**

ventas@petreomecanic.com

## Indice de contenido

### VIGAS PRETENSADAS PETREO

· Descripción	5
· Sistema de piso	5
Composición, uso y comportamiento	
· Capa de compresión	6
· Malla electrosoldada	6
· Apuntalamiento	7
· Propiedades geométricas de las viguetas PETREO	9
· Propiedades mecánicas del sistema de losas	10
· Relación carga última	11
· Relación carga de construcción	13

### VIGAS TUBULARES PETREO (VTR)

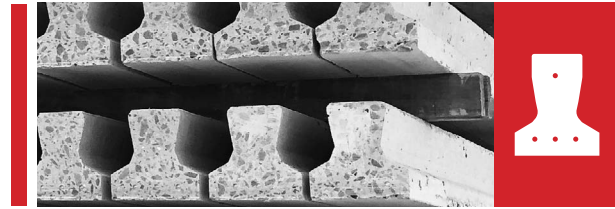
· Descripción	15
· Sistema de piso	15
Composición, uso y comportamiento	
· Capa de compresión	16
· Malla electrosoldada	16
· Apuntalamiento	17
· Propiedades geométricas de las vigas tubulares	17
· Peso de los sistemas de losas	18
· Propiedades mecánicas de los sistemas de losas	19
· Relación carga máxima de servicio (Sep. 70 cm)	20
· Relación carga última (Sep. 70 cm)	21
· Relación carga de construcción (Sep. 70 cm)	23
· Relación carga máxima de servicio (Sep. 90 cm)	24
· Relación carga última (Sep. 90 cm)	25
· Relación carga de construcción (Sep. 90 cm)	26
· Bibliografía	28



# VIGUETAS PRETENSADAS



# viguetas pretensadas portantes



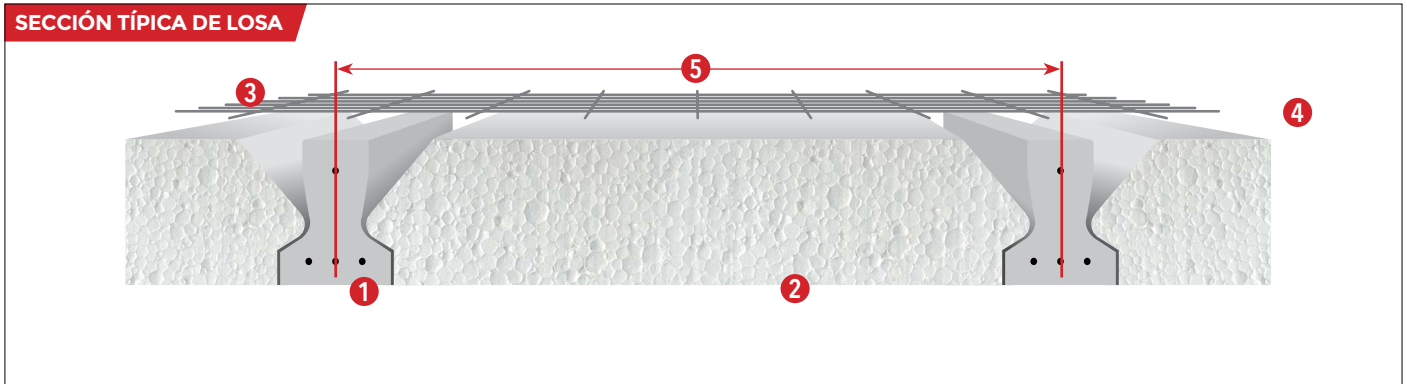
## I. Descripción

Las viguetas pretensadas PETREO son utilizadas en sistemas de piso como elemento portante.

## II. Sistema de piso

El sistema de piso conformado por viguetas pretensadas **PETREO** separadas a 70 cm medidas desde el centro de la sección, bovedilla de poliestireno y capa de compresión armada con malla electrosoldada. El sistema debe estar perimetralmente apoyado en vigas o muros.

### SECCIÓN TÍPICA DE LOSA



1. Viga pretensada.
2. Bovedilla de Poliestireno.
3. Malla electrosoldada.
4. Capa de compresión.
5. Separación centro a centro (S).

## III. Composición del sistema de piso

- **VIGUETAS PETREO** (Concreto  $f_c=350$  kg/m<sup>2</sup> y Alambres de acero de Presfuerzo  $f_u=17,000$  kg/cm<sup>2</sup>).
- Bovedilla de Poliestireno (Densidad = 12 kg/m<sup>3</sup>).
- Malla Electrosoldada (Área de acero de acuerdo a lo estipulado por la NTC-2017 y ACI 318-19 para control de Agrietamiento).
- Capa de Compresión de Concreto Armado  $f_c = 200$  kg/cm<sup>2</sup> (mínimo).

## IV. Uso del sistema de piso

El sistema de piso conformado por VIGUETAS PETREO es utilizado en:

- |                                  |                               |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Viviendas                        | Techos de Naves Industriales. |
| Edificios                        | Tapas de Cisternas.           |
| Puentes Peatonales y Vehiculares |                               |

## V. Comportamiento del sistema de piso

El sistema de piso conformado por **VIGUETAS PETREO** al combinarse con el concreto de la capa de compresión tiene un comportamiento como sección compuesta. Las partes que integran el sistema de piso actúan como una unidad y este comportamiento es considerado para el diseño por corte, flexión, deflexiones y vibración del sistema.

Las tablas de diseño mostradas en este Manual consideran el comportamiento como sección compuesta de los elementos que integran el sistema piso.

## VI. Peralte de sistema de piso

La norma NMX-C-406 indica que el peralte total de la losa (h) debe ser determinado mediante las siguientes formulas:

$$h \geq \frac{L_V}{10} \quad \text{Longitud del volado}$$

$$h \geq \frac{L_V}{25} \quad \text{Longitud del claro}$$



## VII. CAPA DE COMPRESIÓN

La capa de compresión o firme de concreto armado desempeña un papel fundamental en el sistema de piso debido a que es el encargado de lograr un comportamiento de sección compuesta en conjunto con las **VIGUETAS PETREO** y a su vez lograr el comportamiento de diafragma rígido por lo que debe resistir las fuerzas sísmicas en su plano y transmitir las al sistema resistente a sismo de la edificación.

De acuerdo a la NTC-C-2017 en su artículo 7.8.2 Firmes colados sobre elementos prefabricados, indica: "En sistemas de piso o techo prefabricados se aceptará que un firme colado sobre los elementos prefabricados funcione como diafragma a condición de que se dimensione de modo que por sí solo resista las acciones de diseño que actúan en su plano. También se aceptará un firme que esté reforzado y cuyas conexiones con los elementos prefabricados de piso estén diseñadas y detalladas para resistir las acciones de diseño en el plano. En este caso, la superficie de concreto endurecido cumplirá con el inciso 15.3.10 y con la rugosidad del inciso 5.3.3.3. En todo caso se deberán colocar los elementos de refuerzo prescritos en la sección 6.7."

Adicionalmente de acuerdo a la NTC-C-2017 en su artículo 7.8.3 Espesor mínimo del firme indica: "El espesor del firme no será menor que 60 mm, si el claro mayor de los tableros es de 6 m o más. En ningún caso será menor que 30 mm".

Se recomiendan los siguientes espesores de firme para los sistemas de piso conformados por **VIGUETAS PETREO**, considerando las recomendaciones indicadas en los documentos de la ANIVIP, NTC-C 2017 y la NMX-C-406

ESPESOR e (cm)	CLARO L (m)	ALTURA DE LA ESTRUCTURA H (m)	OBSERVACIONES
$e \geq 5$	$4 \leq L \leq 5.5$	$H \leq 13$	Estructura a base de muros
$e \geq 5$	$4 \leq L \leq 5.5$	$H > 13$	Revisar el comportamiento de diafragma rígido
$e \geq 6$	$L > 5.5$	$H > 13$	

## VIII. MALLA ELECTROSOLDADA

La función de la malla electrosoldada en los sistemas de piso conformados por **VIGUETAS PETREO** es controlar el agrietamiento de la losa debido a los cambios volumétricos del concreto y a su vez resistir la fuerza cortante. A continuación, se muestra la metodología ANIVIP para determinar la cuantía mínima de acero en capas de compresión de concreto:

$$f_y = 5,000 \text{ kg/cm}^2$$

CONDICIÓN	SISTEMA ESTRUCTURAL
No Restringido	Sistema a base de marcos donde la losa puede contraerse
Restringido	Sistema a base de muros o miembros rígidos que restringen la contracción de la losa

Cuantía mínima de acero de refuerzo en losas de concreto reforzado para sistemas de piso con **VIGUETAS PETREO**

CONDICIÓN	OBSERVACIÓN	CUANTÍA $p_{min}$
No Restringido	Concreto normal <b>No expuesto</b> a la intemperie	0.0025
No Restringido	Concreto normal <b>Expuesto</b> a la intemperie	0.003
Restringido	Concreto normal <b>Expuesto o NO</b> a la intemperie	0.0045
Restringido	Concreto de Alta Resistencia ( $f'_c=500 \text{ kg/cm}^2$ o mayor) <b>Expuesto o No</b> a la intemperie	0.0060

$$As \text{ malla} = p_{min} * b * d$$

$$b = \text{ancho unitario (100 cm)}$$

$$d = \text{altura del firme efectivo (cm)}$$

## IX. APUNTALAMIENTO

Las **VIGUETAS PETREO** deben ser apuntalada durante la fase de colado del firme. El Apuntamiento consiste en la colocación de maderas perimetrales y centrales en el claro de la losa que garantiza la estabilidad global del sistema durante la etapa de colado.

Debido a que el concreto por estar en estado fresco, la presión generada por el bombeo y la carga viva de construcción actuante durante esta etapa genera esfuerzos importantes sobre las viguetas por lo que los puntales tienen la función de redistribuir estos esfuerzos y evitar las deformaciones excesivas.

Se determina la carga de acuerdo al proceso de construcción:

- **Carga Muerta** (Peso propio de Vigueta + Peso de Bovedilla + Pesos de Losa).
- **Peso Muerto de losa de concreto** 20 kg/m<sup>2</sup> (NTC-Criterios y Acciones-2017).
- **Cargas Vivas Transitorias** 150 kg/m<sup>2</sup> y una carga puntual de 150 kgf en el lugar más desfavorable (NTC-Criterios y Acciones-2017).

Considerando las cargas antes mencionadas se determinan los esfuerzos y separación máxima entre los puntales.

En este manual se indican Longitudes máximas de autoportancia de las **VIGUETAS PETREO**.

## X. NERVIOS DE RIGIDEZ

Con la finalidad de dar rigidez al sistema de losa se recomienda considerar la construcción de un nervio de rigidez perpendicular al sentido de las **VIGUETAS PETREO** para claros mayores a 5.00 m, esto proporciona arriostramiento lateral al elemento portante y a su vez reduce la vibración del sistema.

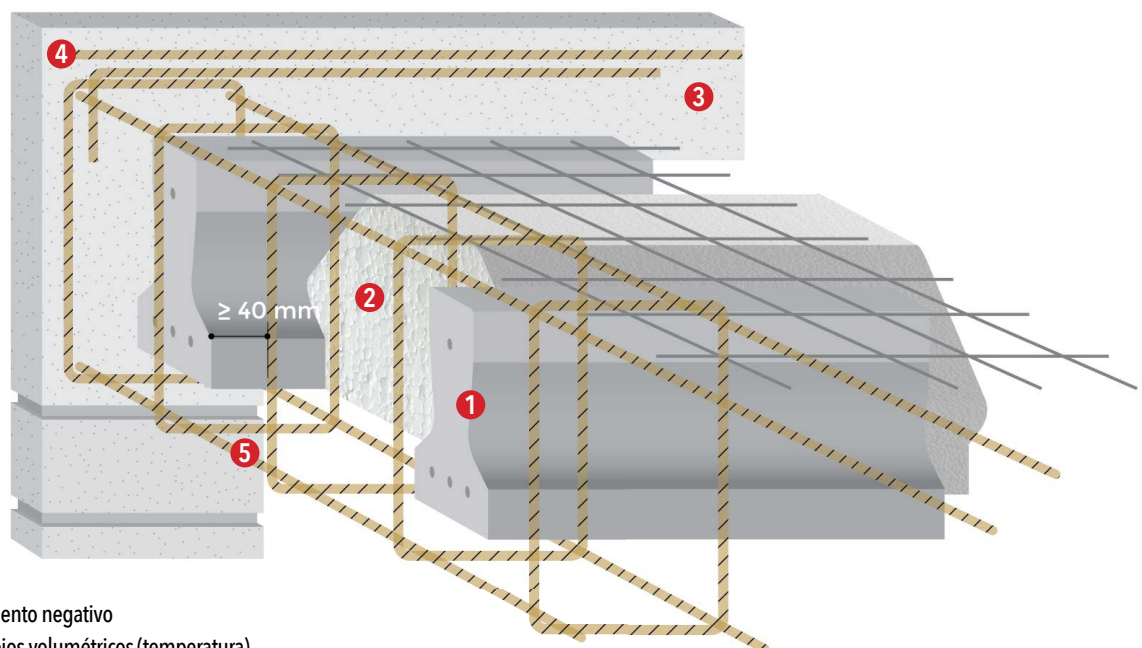
## XI. APOYOS DE VIGUETAS PETREO

Las **VIGUETAS PETREO** deben estar apoyadas a los elementos estructurales (trabes, muros, dallas, vigas de acero) con la finalidad de garantizar el adecuado comportamiento del sistema de losas.

Es importante que el elemento estructural de apoyo posea una rigidez sustancialmente superior a las Viguetas Petreo. Las viguetas Petreo pueden ser conectadas a los elementos estructurales mediante Apoyos Directo y Apoyos Indirectos.

**Apoyo Directo:** Este tipo de apoyo se realiza cuando la vigueta queda embebida en el elemento estructural de soporte. Las longitudes de apoyo se indican en la siguiente tabla:

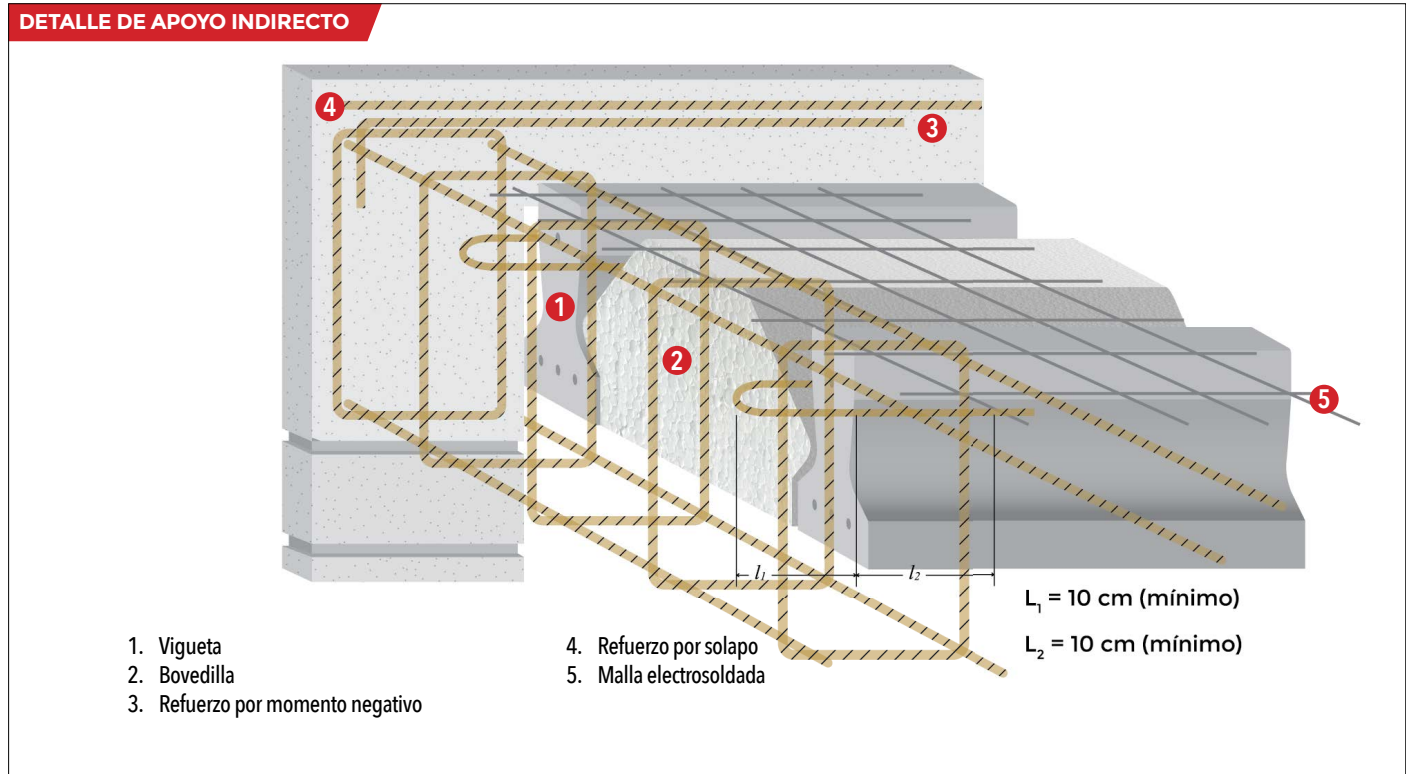
### DETALLE DE APOYO DIRECTO



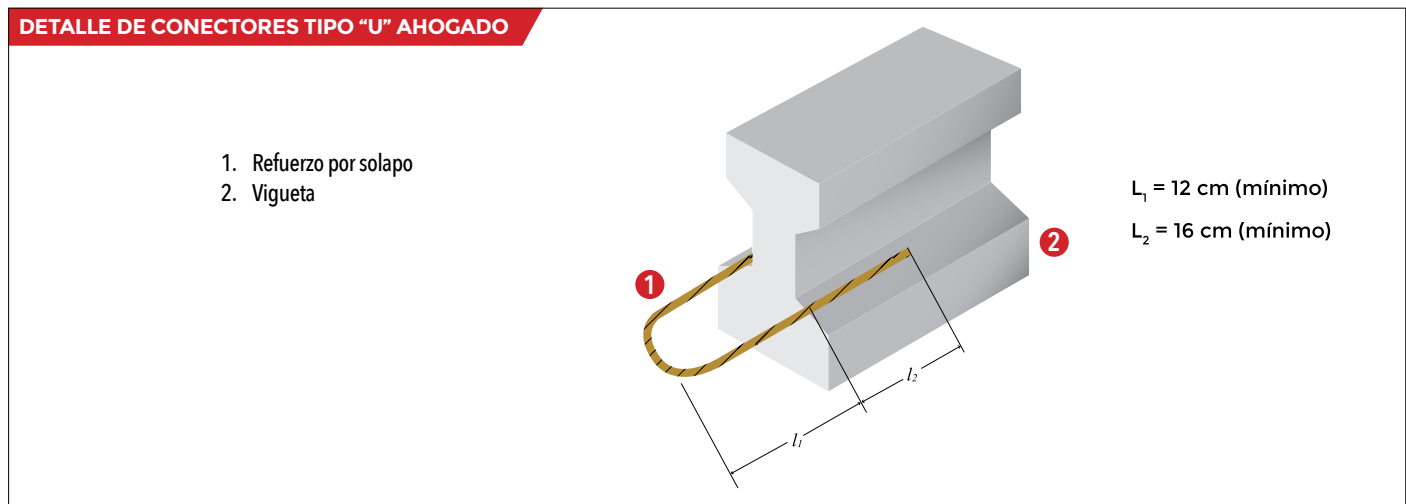
1. Vigueta
2. Bovedilla
3. Refuerzo por momento negativo
4. Refuerzo por cambios volumétricos (temperatura)
5. Trabe o dala confinante

**Apoyo Indirecto recto:** Este tipo de apoyo es recomendable cuando las Viguetas Petreo no pueden ser embebidas dentro del elemento estructural, por lo tanto, se deben colocar dos conectores elaborados con varillas No. 3 (3/8") de  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  como mínimo. Los conectores deben estar localizados lo más cercano posible al patín superior de la vigueta.

La conexión indirecta o por solapo debe ser diseñada por resistencia a fuerza cortante por fricción, adicionalmente a la conexión por solapo se deberá colocar de un refuerzo superior sobre cada vigueta de manera e absorber el momento negativo.



**Apoyo Indirecto tipo U:** Otra opción es colocar un refuerzo de enlace tipo U de varilla No. 3 (3/8") que les proporcione soporte a las viguetas, este elemento debe estar ahogado junto al alma de la vigueta y colocado lo más cercano posible al patín superior y anclado al elemento estructural de acuerdo a las longitudes indicadas a continuación:





## XII. PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LAS VIGUETAS PETREO

Propiedades geométricas de las secciones

Producto: Vigas Pretensadas

### Secciones

Propiedades	VP-11-2A	VP-11-3A	VP-13-2A	VP-13-3A	VP-13-4A	VP-18-3A	VP-18-4A
Altura cm	11.00	11.00	13.00	13.00	13.00	18.00	18.00
Ancho superior cm	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	7.00	7.00
Ancho inferior cm	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
Área cm <sup>2</sup>	82.10	82.10	96.05	96.05	96.05	114.23	114.23
I <sub>xx</sub> cm <sup>4</sup>	887.13	887.13	1482.89	1482.89	1482.89	3829.78	3829.78
I <sub>yy</sub> cm <sup>4</sup>	507.19	507.19	558.46	558.46	558.46	582.02	582.02
v1 superior cm	6.29	6.29	7.29	7.29	7.29	10.01	10.01
v2 inferior cm	4.71	4.71	5.71	5.71	5.71	7.99	7.99
S x 1 cm <sup>3</sup>	141.04	141.04	203.41	203.41	203.41	382.60	382.60
S x 2 cm <sup>3</sup>	188.35	188.35	259.70	259.70	259.70	479.32	479.32
Sy cm <sup>3</sup>	92.22	92.22	101.54	101.54	101.54	105.82	105.82
rx cm	3.29	3.29	3.93	3.93	3.93	5.79	5.79
ry cm	2.49	2.49	2.41	2.41	2.41	2.26	2.26

## XIII. PESO DE LOS SISTEMAS DE LOSAS CON VIGUETAS PETREO

Peso de los sistemas de losas

Producto: Vigas Pretensadas

### Secciones

Propiedades	VP-11-2A	VP-11-3A	VP-13-2A	VP-13-3A	VP-13-4A	VP-18-3A	VP-18-4A
Peso propio (kgf)	18.06	18.06	21.13	21.13	21.13	25.13	25.13
Separación centro a centro (m)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Capa de compresión (cm)	4	4	5	5	5	5	5
Peso de capa de compresión (kg./m <sup>2</sup> )	96	96	120	120	120	120	120
Peso bovedilla Poliestireno 12kg. /m <sup>3</sup> (kg)	0.7752	0.7752	0.9096	0.9096	0.9096	1.2744	1.2744
Vol. Concreto Unión bovedilla - VP (m <sup>3</sup> )	.0042	.0042	0.0056	0.0056	0.0056	0.0084	0.0084
Peso de concreto Unión bovedilla - VP (kg)	9.24	9.24	12.32	12.32	12.32	18.48	18.48
Peso del Sistema bovedilla de Poliestireno (kgf/m <sup>2</sup> )	136.11	136.11	169.09	169.09	169.09	184.12	184.12

#### XIV. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SISTEMA DE LOSAS CON VIGUETAS PETREO

Propiedades mecánicas de las secciones compuestas

Producto: Vigas Pretensadas

#### Sistema con bovedilla de poliestireno y Capa de compresión

Propiedades	VP-11-2A	VP-11-3A	VP-13-2A	VP-13-3A	VP-13-4A	VP-18-3A	VP-18-4A
Peso propio del sistema (kgf/m <sup>2</sup> )	136.11	136.11	169.09	169.09	169.09.09	184.12	184.12
Cargas totales máximas (kgf/m <sup>2</sup> )	550.00	550.00	650.00	650.00	650.00.00	700.00	700.00
Momento resistente $\Phi Mn$ (kgf*m)	635.00	930.00	775.00	1150.00	1430.00	1510.00	1940.00
Corte resistente $\Phi Vn$ (kgf)	1510.00	1510.00	1750.00	1750.00	1750.00	2200.00	2200.00

= 0.90 (flexión) y 0.75 (cortante) se verifica deflexión y vibración del sistema.

#### XV. RELACIÓN CARGA MÁXIMA DE SERVICIO-CLARO DE LOS SISTEMAS DE LOSAS CON VIGUETAS PETREO

##### Carga máxima de Servicio - Claro (Separación 70 cm)

##### Carga máxima de servicio (kgf/m<sup>2</sup>)

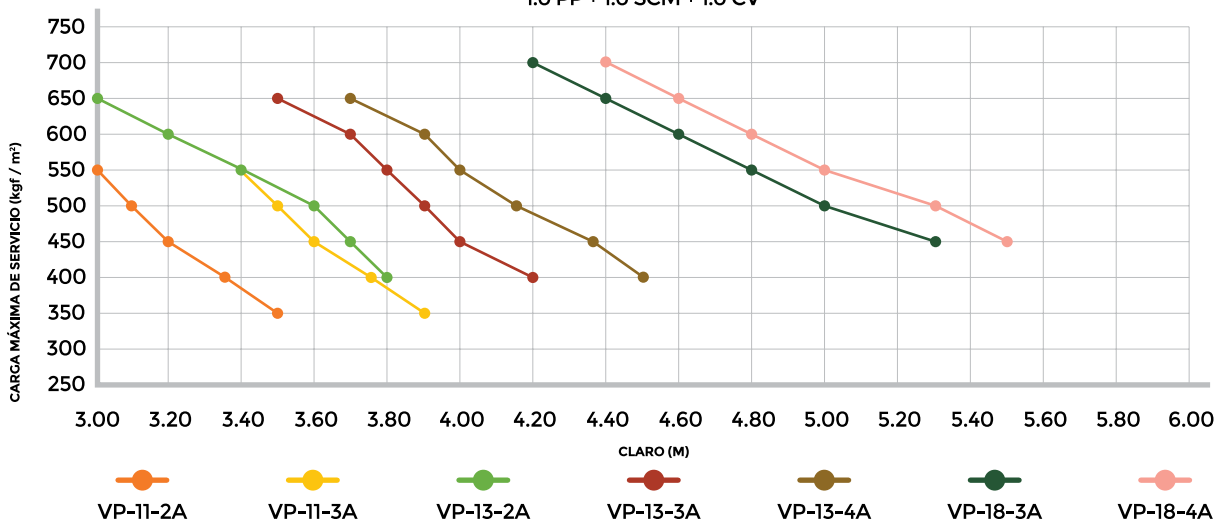
1.0 PP + 1.0 SCM + 1.0 CV

		350	400	450	500	550	600	650	700
Tipo de sección	VP-11-2A	3.50	3.35	3.20	3.10	3.00			
	VP-11-3A	3.90	3.75	3.60	3.50	3.40			
	VP-13-2A		3.80	3.70	3.60	3.40	3.20	3.00	
	VP-13-3A		4.20	4.00	3.90	3.80	3.70	3.50	
	VP-13-4A		4.50	4.35	4.15	4.00	3.90	3.70	
	VP-18-3A			5.30	5.00	4.80	4.60	4.40	4.20
	VP-18-4A			5.50	5.30	5.00	4.80	4.60	4.40

PP = Peso propio del sistema incluye el peso de la capa de compresión  
 SCM = Sobrecarga muerta actuante sobre el sistema de losa  
 CV = Carga viva de acuerdo al uso de la edificación

##### Carga máxima de Servicio - Claro

1.0 PP + 1.0 SCM + 1.0 CV





## XVI. RELACIÓN CARGA ÚLTIMA - CLARO DE LOS SISTEMAS DE LOSAS CON VIGUETAS PETREO

		Carga Última - Claro (Separación 70 cm)							
		Carga última (kgf/m <sup>2</sup> )							
		1.4 PP + 1.4 SCM							
		490	560	630	700	770	840	910	980
Tipo de sección	VP-11-2A	3.50	3.35	3.20	3.10	3.00			
	VP-11-3A	3.90	3.75	3.60	3.50	3.40			
	VP-13-2A		3.80	3.70	3.60	3.40	3.20	3.00	
	VP-13-3A		4.20	4.00	3.90	3.80	3.70	3.50	
	VP-13-4A		4.50	4.35	4.15	4.00	3.90	3.70	
	VP-18-3A			5.30	5.00	4.80	4.60	4.40	4.20
	VP-18-4A			5.50	5.30	5.00	4.80	4.60	4.40

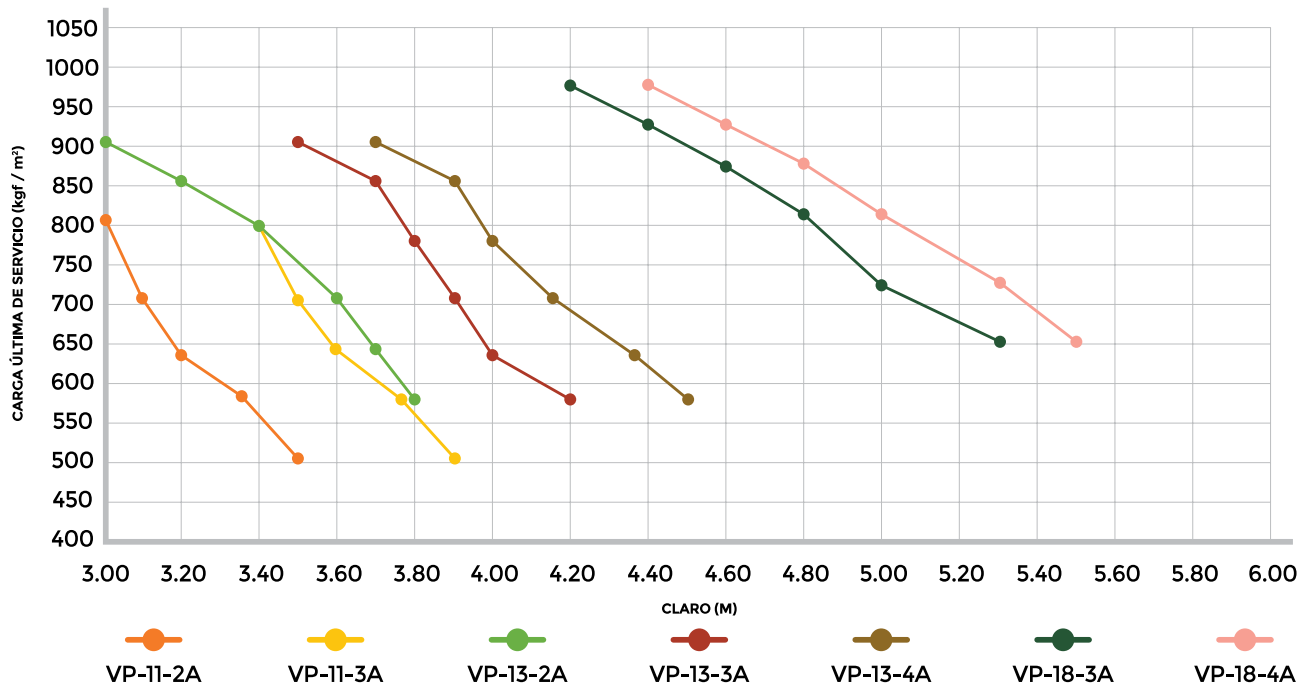
PP = Peso propio del sistema incluye el peso de la capa de compresión

SCM = Sobrecarga muerta actuante sobre el sistema de losa

CV = Carga viva de acuerdo al uso de la edificación

### Carga última - Claro

1.4 PP + 1.4 SCM



### Carga Última - Claro (Separación 70 cm)

**Carga última (kgf/m<sup>2</sup>)**  
1.2 PP + 1.2 SCM + 1.6 CV

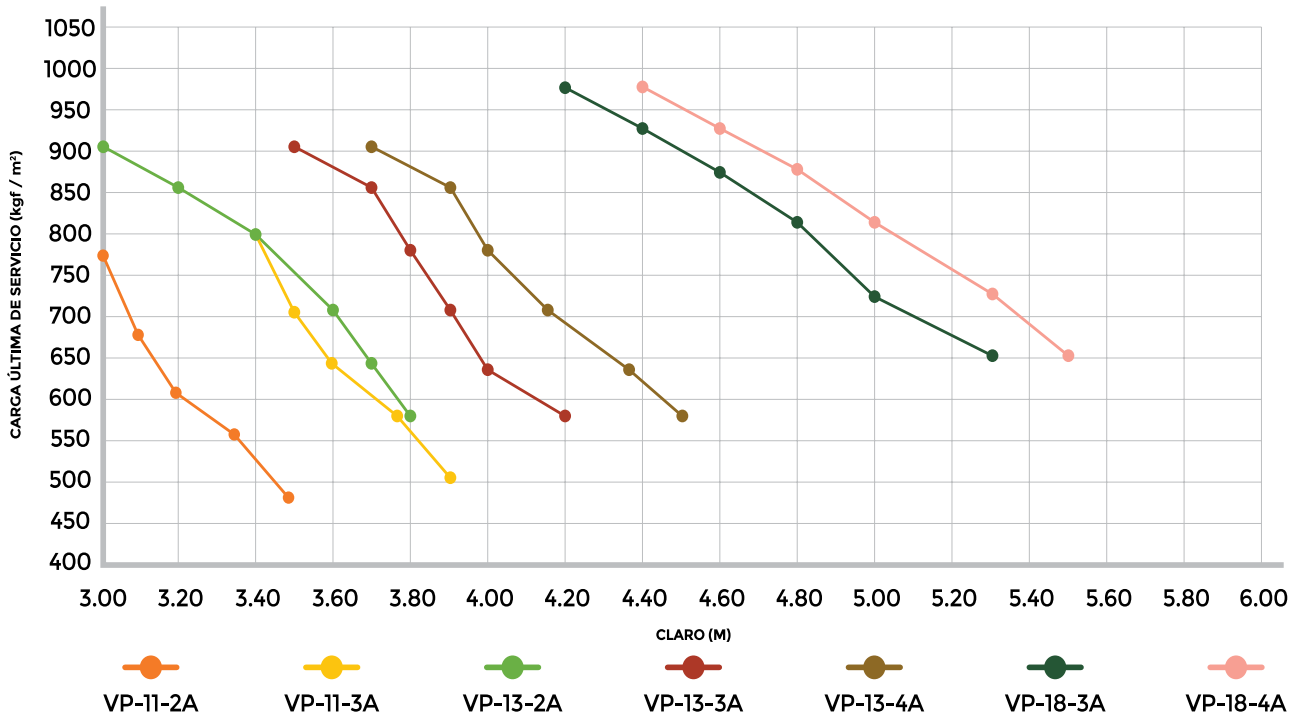
Tipo de sección

	490	560	630	700	770	840	910	980
VP-11-2A	3.50	3.35	3.20	3.10	3.00			
VP-11-3A	3.90	3.75	3.60	3.50	3.40			
VP-13-2A		3.80	3.70	3.60	3.40	3.20	3.00	
VP-13-3A		4.20	4.00	3.90	3.80	3.70	3.50	
VP-13-4A		4.50	4.35	4.15	4.00	3.90	3.70	
VP-18-3A			5.30	5.00	4.80	4.60	4.40	4.20
VP-18-4A			5.50	5.30	5.00	4.80	4.60	4.40

PP = Peso propio del sistema incluye el peso de la capa de compresión  
 SCM = Sobrecarga muerta actuante sobre el sistema de losa  
 CV = Carga viva de acuerdo al uso de la edificación

### Carga última - Claro

1.2 PP + 1.2 SCM + 1.6 CV





**XVII. RELACIÓN CARGA DE CONSTRUCCIÓN - CLARO DE AUTOPORTANCIA DE VIGUETAS PETREO**

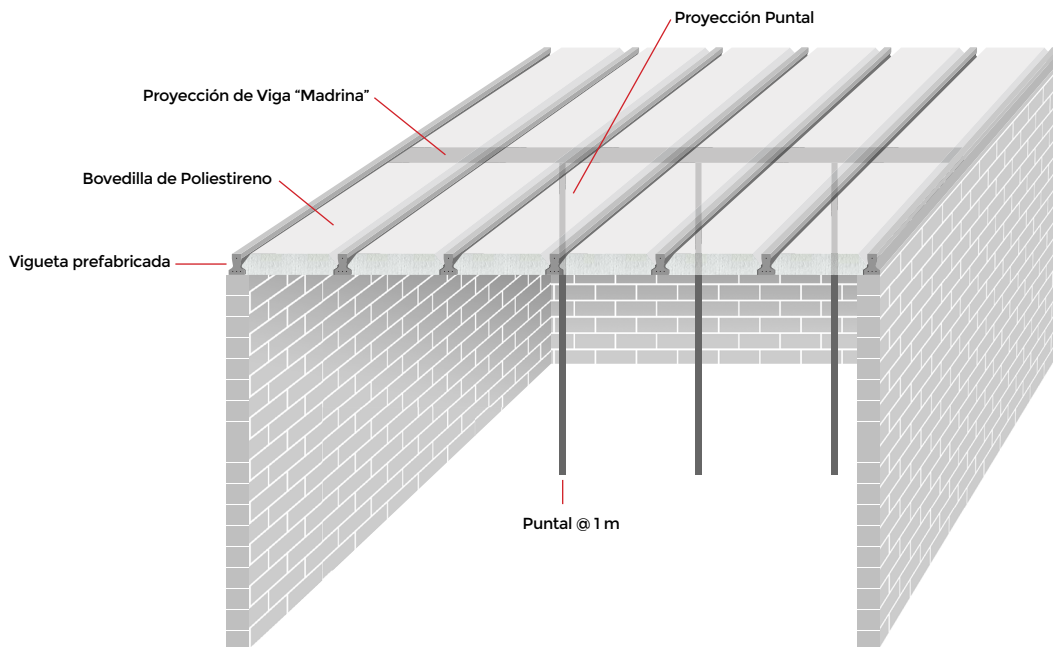
		Carga de Construcción - Claro de Autoportancia		
		Carga de construcción (kgf/m <sup>2</sup> )		
		1.0 PP + 20 kgf/m <sup>2</sup> + 150 kgf/m <sup>2</sup> + (150 kgf/Claro <sup>2</sup> )		
		325	355	370
<b>Tipo de sección</b>	VP-11-2A	2.1		
	VP-11-3A	2.7		
	VP-13-2A		2.1	
	VP-13-3A		2.8	
	VP-13-4A		3.15	
	VP-18-3A			3.50
	VP-18-4A			3.90

PP = Peso propio del sistema incluye el peso de la capa de compresión  
 SCM = Sobrecarga muerta actuante sobre el sistema de losa  
 CV = Carga viva de acuerdo al uso de la edificación

Las VIGUETAS PETREO poseen excelentes capacidades de autoportancia pero recomendamos que durante la fase de montaje y colado del concreto se coloquen maderas perimetrales y puntales centrales a una separación máxima de 2.20 m a la mitad de claro para distancias menores a 4 m.

**DETALLE DE APOYO INDIRECTO**

\*Se omite Capa de compresión para una mayor claridad en el dibujo.



# VIGAS TUBULARES VTR

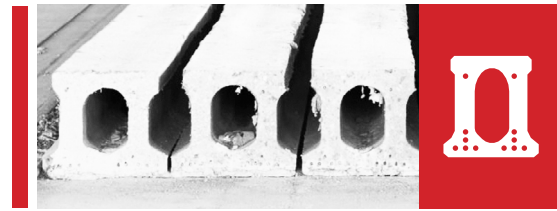


**PETREO**

PRÉ-FABRICADOS · PRETENSADOS



# vigas tubulares VTR



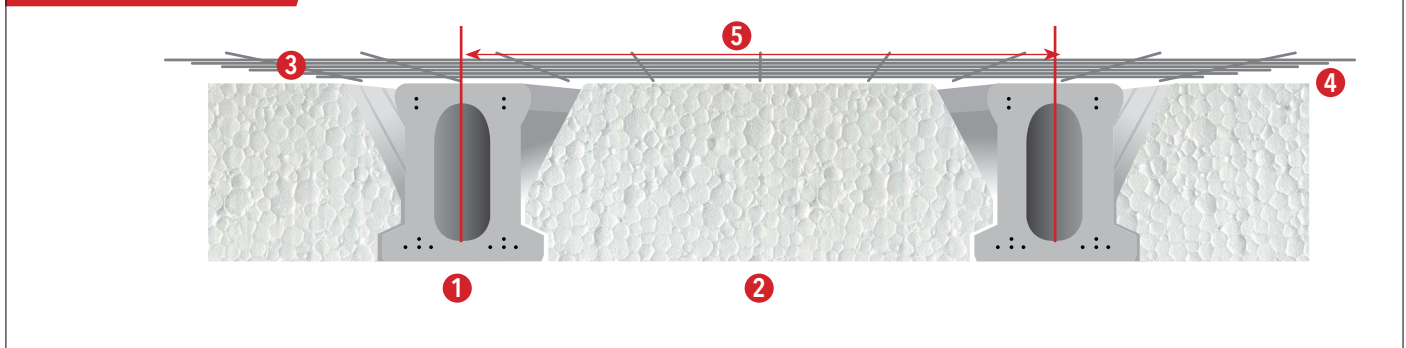
## I. Descripción

Las vigas tubulares pretensadas PETREO son utilizadas en sistemas de piso como elemento portante.

## II. Sistema de piso

El sistema de piso está conformado por vigas tubulares pretensadas PETREO separadas a 70 cm o 90 cm, medidas desde el centro de la sección, bovedilla de poliestireno y capa de compresión armada con malla electrosoldada. Este sistema representa una solución factible y confiable para estructuras de grandes claros, estos elementos deben de estar apoyados sobre elementos estructurales como trabes, vigas y/o muros.

### SECCIÓN TÍPICA DE LOSA



- |                               |                                    |
|-------------------------------|------------------------------------|
| 1. Viga tubular.              | 4. Capa de compresión.             |
| 2. Bovedilla de Poliestireno. | 5. Separación centro a centro (S). |
| 3. Malla electrosoldada.      |                                    |

## III. Composición del sistema de piso

- **VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO** (Concreto  $f_c=350$  kg/m<sup>2</sup> y Alambres de acero de Presfuerzo  $f_u=17,000$  kg/cm<sup>2</sup>).
- Bovedilla de Poliestireno (Densidad = 12 kg/m<sup>3</sup>).
- Malla Electrosoldada (Área de acero de acuerdo a lo estipulado por la NTC-2017 y ACI 318-19 para control de Agrietamiento).
- Capa de Compresión de Concreto Armado  $f_c = 250$  kg/cm<sup>2</sup> (mínimo).

## IV. Uso del sistema de piso

El sistema de piso conformado por VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO es utilizado en:

Edificios residenciales, comerciales y oficinas	Estructuras con claros entre 7m
Puentes Peatonales y vehiculares	y 10m
Estructuras con cargas elevadas	

## V. Comportamiento del sistema de piso

El sistema de piso conformado por VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO al combinarse con el concreto de la capa de compresión tiene un comportamiento como sección compuesta. Las partes que integran el sistema de piso actúan como una unidad y este comportamiento es considerado para el diseño por corte, flexión, deflexiones y vibración del sistema.

Las tablas de diseño mostradas en este Manual consideran el comportamiento como sección compuesta de los elementos que integran el sistema piso.

## VI. Peralte de sistema de piso

El peralte de los sistemas de pisos conformados por VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO es de 31 cm y 36 cm considerando una capa de compresión mínima de 6 cm. Estos peraltes cumplen con los requerimientos por estado límites de servicio y estado límite de agotamiento resistente según se indica en las tablas anexas en este manual.

Debido a la elevada resistencia y rigidez del sistema de piso conformado por VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO, los peraltes resultantes son menores a los obtenidos por las expresiones indicadas en la Norma Mexicana NMX-C-406-ONNCCE-2019.

## VII. CAPA DE COMPRESIÓN

La capa de compresión o firme de concreto armado desempeña un papel fundamental en el sistema de piso debido a que es el encargado de lograr un comportamiento de sección compuesta en conjunto con las VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO y a su vez lograr el comportamiento de diafragma rígido por lo que debe resistir las fuerzas sísmicas en su plano y transmitir las al sistema resistente a sismo de la edificación.

De acuerdo a la NTC-C-2017 en su artículo 7.8.2 Firmes colados sobre elementos prefabricados, indica: "En sistemas de piso o techo prefabricados se aceptará que un firme colado sobre los elementos prefabricados funcione como diafragma a condición de que se dimensione de modo que por sí solo resista las acciones de diseño que actúan en su plano. También se aceptará un firme que esté reforzado y cuyas conexiones con los elementos prefabricados de piso estén diseñadas y detalladas para resistir las acciones de diseño en el plano. En este caso, la superficie de concreto endurecido cumplirá con el inciso 15.3.10 y con la rugosidad del inciso 5.3.3.3. En todo caso se deberán colocar los elementos de refuerzo prescritos en la sección 6.7."

Adicionalmente de acuerdo a la NTC-C-2017 en su artículo 7.8.3 Espesor mínimo del firme indica: "El espesor del firme no será menor que 60 mm, si el claro mayor de los tableros es de 6 m o más. En ningún caso será menor que 30 mm".

Se recomiendan los siguientes espesores de firme para los sistemas de piso conformados por VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO, considerando las recomendaciones indicadas en los documentos de la ANIVIP, NTC-C 2017 y la NMX-C-406

ESPESOR e (cm)	CLARO L (m)	ALTURA DE LA ESTRUCTURA H (m)	OBSERVACIONES
$e \geq 5$	$4 \leq L \leq 5.5$	$H \leq 13$	Estructura a base de muros
$e \geq 5$	$4 \leq L \leq 5.5$	$H > 13$	Revisar el comportamiento de diafragma rígido
$e \geq 6$	$L > 5.5$	$H > 13$	

Al ser un elemento estructural para claro mayores a 6 m el espesor mínimo a considerar debe ser de 6 cm.

## VIII. MALLA ELECTROSOLDADA

La función de la malla electrosoldada en los sistemas de piso conformados por VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO es controlar el agrietamiento de la losa debido a los cambios volumétricos del concreto y a su vez resistir la fuerza cortante. A continuación, se muestra la metodología ANIVIP para determinar la cuantía mínima de acero en capas de compresión de concreto:

$f_y = 5,000 \text{ kg/cm}^2$

CONDICIÓN	SISTEMA ESTRUCTURAL
No Restringido	Sistema a base de marcos donde la losa puede contraerse
Restringido	Sistema a base de muros o miembros rígidos que restringen la contracción de la losa

Cuantía mínima de acero de refuerzo en losas de concreto reforzado para sistemas de piso con VIGA TUBULAR (VTR) PETREO

CONDICIÓN	OBSERVACIÓN	CUANTÍA p min
No Restringido	Concreto normal <b>No expuesto</b> a la intemperie	0.0025
No Restringido	Concreto normal <b>Expuesto</b> a la intemperie	0.003
Restringido	Concreto normal <b>Expuesto o NO</b> a la intemperie	0.0045
Restringido	Concreto de Alta Resistencia ( $f_c=500 \text{ kg/cm}^2$ o mayor) <b>Expuesto o No</b> a la intemperie	0.0060

$A_s \text{ malla} = p \text{ min} * b * d$

$b =$  ancho unitario (100 cm)

$d =$  altura del firme efectivo (cm)

## IX. APUNTALAMIENTO Y AUTOPORTANCIA

Las VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO al poseer una elevada rigidez y resistencia presenta una alta longitud de autoportancia lo que permite reducir el número de puntales en obra, a su vez se agiliza el proceso de construcción lo que representa menores tiempos de obra y menor cantidad de personal.

La longitud máxima de autoportancia indicadas en las tablas anexas a este manual de diseño se determinaron considerando las siguientes cargas:

Se determina la carga de acuerdo al proceso de construcción:

- **Carga Muerta** (Peso propio de Viga Tubular VTR + Peso de Bovedilla + Pesos de Losa).
- **Peso Muerto de losa de concreto** 20 kg/m<sup>2</sup> (NTC-Criterios y Acciones-2017).
- **Cargas Vivas Transitorias** 150 kg/m<sup>2</sup> y una carga puntual de 150 kgf en el lugar más desfavorable (NTC-Criterios y Acciones-2017).

Debido a su excelente capacidad de autoportancia las **VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO** no requieren apuntalamiento hasta un claro máximo de 7.00 m.

## X. NERVIOS DE RIGIDEZ

Con la finalidad de dar rigidez al sistema de losa se recomienda considerar la construcción de un nervio de rigidez perpendicular al sentido de las **VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO** a una distancia de 3.00 m desde los apoyos, esto proporciona arriostramiento lateral al elemento portante y a su vez reduce la vibración del sistema.

## XI. PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LAS VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO

Propiedades geométricas de las secciones

Producto: **Vigas Tubulares**

### Secciones

Propiedades	VTR 25 10A-2A	VTR 25 12A-2A	VTR 30 10A-2A	VTR 30 12A-2A	VTR 30 14A-2A
Altura cm	25.00	25.00	30.00	30.00	30.00
Ancho superior cm	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Ancho inferior cm	23.50	23.50	23.50	23.50	23.50
Área cm <sup>2</sup>	341.65	341.65	352.65	352.65	352.65
I <sub>xx</sub> cm <sup>4</sup>	23317.00	23317.00	36354.00	36354.00	36354.00
I <sub>yy</sub> cm <sup>4</sup>	14397.00	14397.00	13598.00	13598.00	13598.00
v1 superior cm	13.04	13.04	15.50	15.50	15.50
v2 inferior cm	11.96	11.96	14.50	14.50	14.50
S x 1 cm <sup>3</sup>	1788.11	1788.11	2345.81	2345.81	2345.81
S x 2 cm <sup>3</sup>	1949.58	1949.58	2506.72	2506.72	2506.72
S <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	1225.28	1225.28	1157.28	1157.28	1157.28
r <sub>x</sub> cm	8.26	8.26	10.15	10.15	10.15
r <sub>y</sub> cm	6.49	6.49	6.21	6.21	6.21



**XII. PESO DE LOS SISTEMAS DE LOSAS CON VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO (separación 70 cm)**

Peso de los sistemas de losas

 Producto: **Vigas Tubulares**

<b>Secciones</b>					
<b>Propiedades</b>	<b>VTR 25 10A-2A</b>	<b>VTR 25 12A-2A</b>	<b>VTR 30 10A-2A</b>	<b>VTR 30 12A-2A</b>	<b>VTR 30 14A-2A</b>
Peso propio (kgf)	75.16	75.16	77.58	77.58	77.58
Separación centro a centro (m)	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Capa de compresión (cm)	6	6	6	6	6
Peso de capa de compresión (kg./m <sup>2</sup> )	144	144	144	144	144
Peso bovedilla Poliestireno 12kg. /m <sup>3</sup> (kg)	1.3908	1.3908	1.68	1.68	1.68
Vol. Concreto Unión bovedilla - VP (m <sup>3</sup> )	0.0111	0.0111	0.0166	0.0166	0.0166
Peso de concreto Unión bovedilla - VP (kg)	24.42	24.42	36.52	36.52	36.52
Peso del Sistema bovedilla de Poliestireno (kgf/m <sup>2</sup> )	288.25	288.25	309.40	309.40	309.40

**XIII. PESO DE LOS SISTEMAS DE LOSAS CON VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO (separación 90 cm)**

Pesos de los sistemas de Losas

 Producto: **Vigas Tubulares**

<b>Secciones</b>				
<b>Propiedades</b>	<b>VTR 25 10A-2A</b>	<b>VTR 25 12A-2A</b>	<b>VTR 30 10A-2A</b>	<b>VTR 30 12A-2A</b>
Peso propio (kgf)	75.16	75.16	77.58	77.58
Separación centro a centro (m)	0.90	0.90	0.90	0.90
Capa de compresión (cm)	6	6	6	6
Peso de capa de compresión (kg./m <sup>2</sup> )	144	144	144	144
Peso bovedilla Poliestireno 12kg. /m <sup>3</sup> (kg)	1.9908	1.9908	2.4	2.4
Vol. Concreto Unión bovedilla - VP (m <sup>3</sup> )	0.0111	0.0111	0.0166	0.0166
Peso de concreto Unión bovedilla - VP (kg)	24.42	24.42	36.52	36.52
Peso del Sistema bovedilla de Poliestireno (kgf/m <sup>2</sup> )	256.86	256.86	273.45	273.45

**XIV. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SISTEMA DE LOSAS CON VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO (separación 70 cm)**

Propiedades Mecánicas de las Secciones Compuestas

 Producto: **Vigas Tubulares**
**Sistema con bovedilla de poliestireno**

Propiedades	VTR 25 10A-2A	VTR 25 12A-2A	VTR 30 10A-2A	VTR 30 12A-2A	VTR 30 14A-2A
<b>Peso propio del sistema (kgf/m<sup>2</sup>)</b>	288.25	288.25	309.40	309.40	309.40
<b>Cargas totales máximas (kgf/m<sup>2</sup>)</b>	750.00	750.00	850.00	850.00	850.00
<b>Momento resistente <math>\Phi Mn</math> (kgf*m)</b>	6580	7620	7800	9050	10260
<b>Corte resistente <math>\Phi Vn</math> (kgf)</b>	6430	6430	7420	7420	7420

= 0.90 (flexión) y 0.75 (cortante)  
se verifica deflexión y vibración del sistema.

**XV. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SISTEMA DE LOSAS CON VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO (separación 90 cm)**

Propiedades Mecánicas de las Secciones Compuestas

 Producto: **Vigas Tubulares**
**Sistema con bovedilla de poliestireno**

Propiedades	VTR 25 10A-2A	VTR 25 12A-2A	VTR 30 10A-2A	VTR 30 12A-2A
<b>Peso propio del sistema (kgf/m<sup>2</sup>)</b>	256.86	256.86	273.45	273.45
<b>Cargas totales máximas (kgf/m<sup>2</sup>)</b>	750.00	750.00	850.00	850.00
<b>Momento resistente <math>\Phi Mn</math> (kgf*m)</b>	6580	7620	7800	9050
<b>Corte resistente <math>\Phi Vn</math> (kgf)</b>	6430	6430	7420	7420

= 0.90 (flexión) y 0.75 (cortante)  
se verifica deflexión y vibración del sistema.

**XVI. RELACIÓN CARGA MÁXIMA DE SERVICIO - CLARO DE LOS SISTEMAS DE LOSAS CON VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO (Separación 70 cm)**

**Carga máxima de Servicio - Claro** (Separación 70 cm)

Carga máxima de servicio (kgf/m<sup>2</sup>)

1.0 PP + 1.0 SCM + 1.0 CV

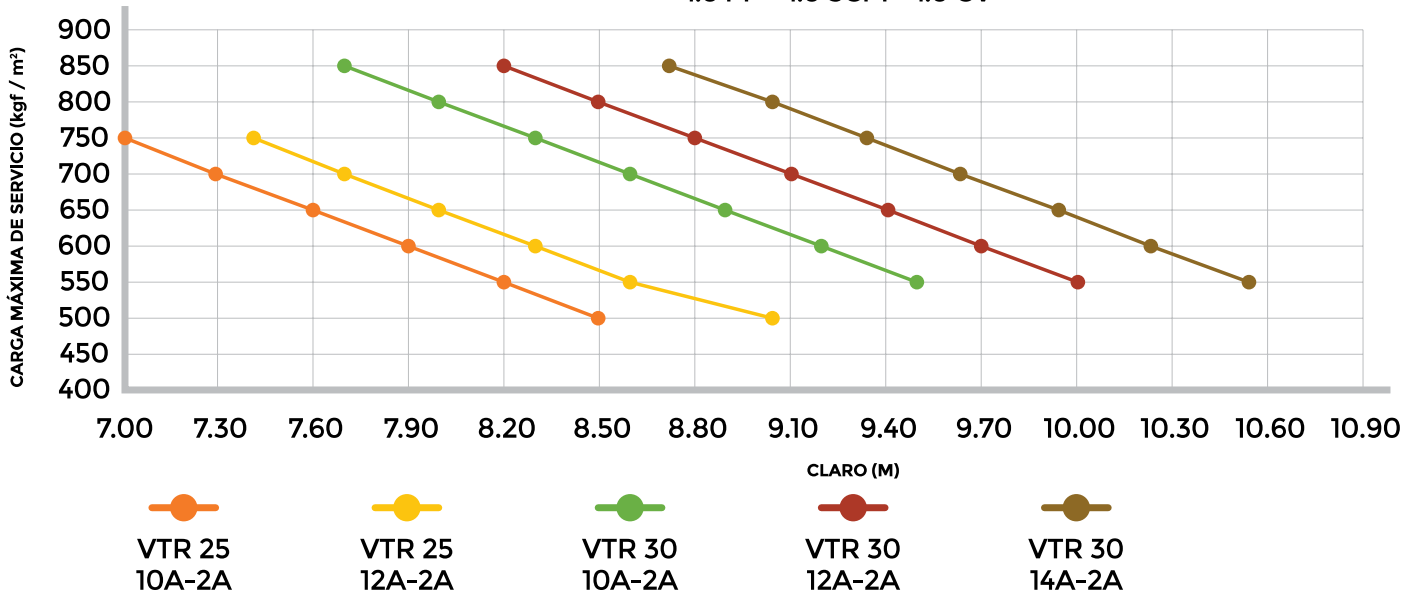
Tipo de sección

	500	550	600	650	700	750	800	850
VTR 25-10A-2A	8.50	8.20	7.90	7.60	7.30	7.00		
VTR 25-12A-2A	9.00	8.60	8.30	8.00	7.70	7.40		
VTR 30-10A-2A		9.50	9.20	8.90	8.60	8.30	8.00	7.70
VTR 30-12A-2A		10.00	9.70	9.40	9.10	8.80	8.50	8.20
VTR 30-14A-2A		10.50	10.20	9.90	9.60	9.30	9.00	8.70

PP = Peso propio del sistema incluye el peso de la capa de compresión  
 SCM = Sobrecarga muerta actuante sobre el sistema de losa  
 CV = Carga viva de acuerdo al uso de la edificación

**Carga máxima de Servicio - Claro**

1.0 PP + 1.0 SCM + 1.0 CV





**XVII. RELACIÓN CARGA ÚLTIMA - CLARO DE LOS SISTEMAS DE LOSAS CON VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO (Separación 70 cm)**

**Carga última - Claro** (separación 70 cm)

**Carga última (kgf/m<sup>2</sup>)**  
1.4 PP + 1.4 SCM

Tipo de sección

	700	770	840	910	980	1050	1120	1190
VTR 25-10A-2A	8.50	8.20	7.90	7.60	7.30	7.00		
VTR 25-12A-2A	9.00	8.60	8.30	8.00	7.70	7.40		
VTR 30-10A-2A		9.50	9.20	8.90	8.60	8.30	8.00	7.70
VTR 30-12A-2A		10.00	9.70	9.40	9.10	8.80	8.50	8.20
VTR 30-14A-2A		10.50	10.20	9.90	9.60	9.30	9.10	8.80

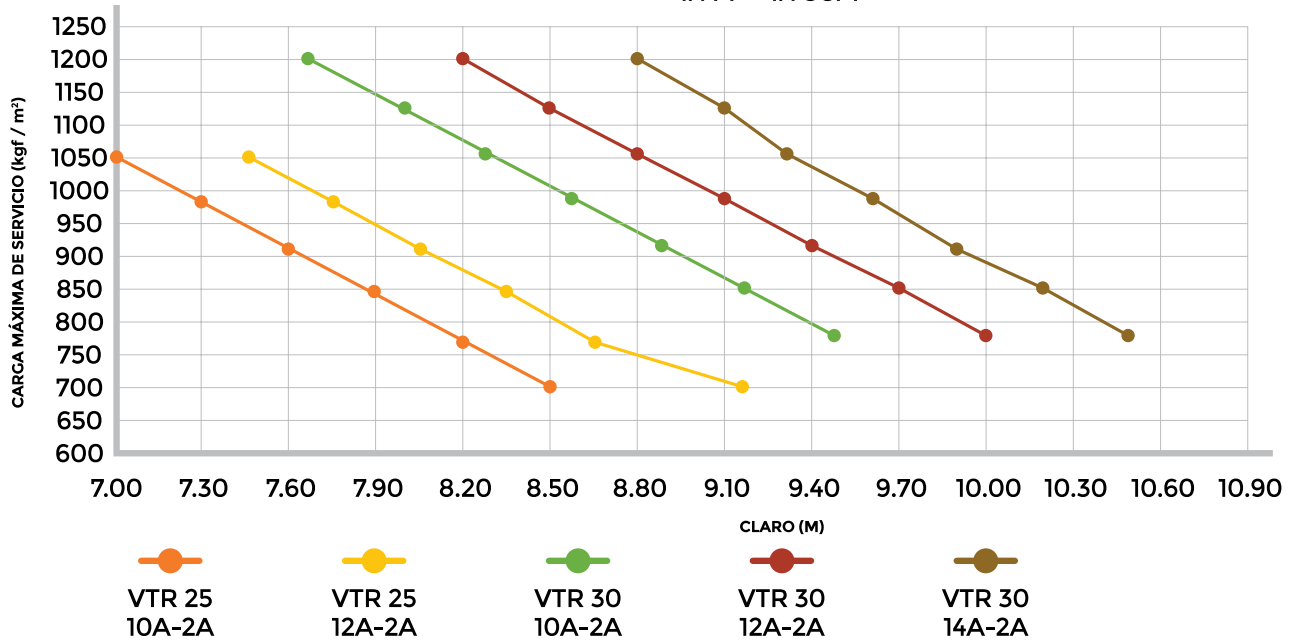
PP = Peso propio del sistema incluye el peso de la capa de compresión

SCM = Sobrecarga muerta actuante sobre el sistema de losa

CV = Carga viva de acuerdo al uso de la edificación

**Carga última - Claro**

1.4 PP + 1.4 SCM



**XVIII. RELACIÓN CARGA ÚLTIMA - CLARO DE LOS SISTEMAS DE LOSAS CON VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO (Separación 70 cm)**

**Carga última - Claro (separación 70 cm)**

**Carga última (kgf/m<sup>2</sup>)**

1.2 PP + 1.2 SCM + 1.6 CV

Tipo de sección

	700	770	840	910	980	1050	1120	1190
VTR 25-10A-2A	8.50	8.20	7.90	7.60	7.30	7.00		
VTR 25-12A-2A	9.00	8.60	8.30	8.00	7.70	7.40		
VTR 30-10A-2A		9.50	9.20	8.90	8.60	8.30	8.00	7.70
VTR 30-12A-2A		10.00	9.70	9.40	9.10	8.80	8.50	8.20
VTR 30-14A-2A		10.50	10.20	9.90	9.60	9.30	9.10	8.80

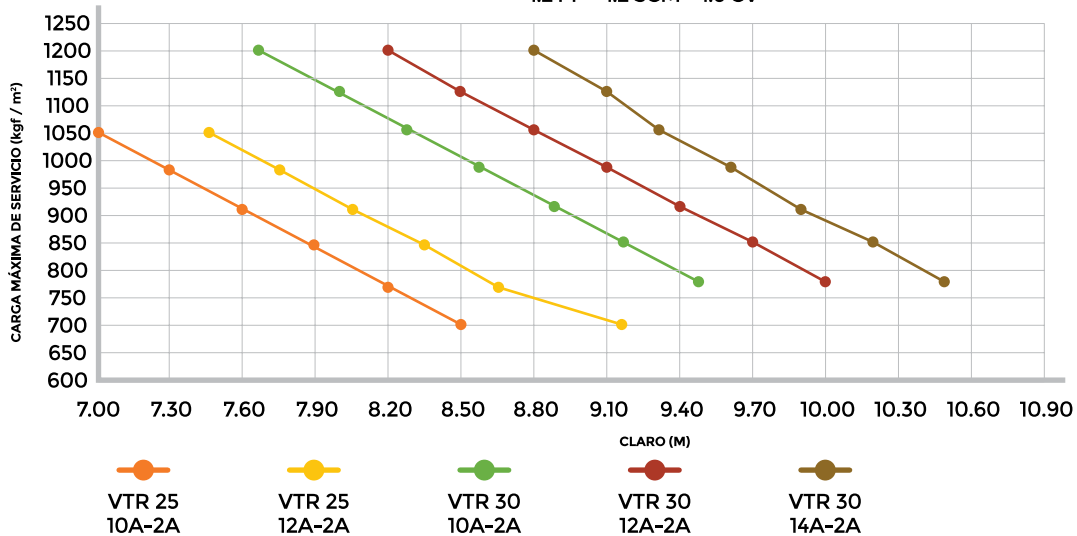
PP = Peso propio del sistema incluye el peso de la capa de compresión

SCM = Sobrecarga muerta actuante sobre el sistema de losa

CV = Carga viva de acuerdo al uso de la edificación

**Carga última - Claro**

1.2 PP + 1.2 SCM + 1.6 CV



**XIX. RELACIÓN CARGA DE CONSTRUCCIÓN - CLARO DE AUTOPORTANCIA DE VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO (Separación 70 cm)**

**Carga de construcción - Claro de autoportancia** (separación 70 cm)

		Carga de construcción(kgf/m <sup>2</sup> ) 1.0 PP + 20 kgf/m <sup>2</sup> + 150 kgf/m <sup>2</sup> + (150 kgf/Claro <sup>2</sup> )	
		460	480
<b>Tipo de sección</b>	VTR 25-10A-2A	6.90	
	VTR 25-12A-2A	7.40	
	VTR 30-10A-2A		7.70
	VTR 30-12A-2A		8.30
	VTR 30-14A-2A		8.70

PP = Peso propio del sistema incluye el peso de la capa de compresión  
 Cvt = Carga Viva Transitoria de 150 kgf/m<sup>2</sup>  
 Qvt = Carga concentrada 150 kgf distribuida en el tablero



**XX. RELACIÓN CARGA MÁXIMA DE SERVICIO - CLARO DE LOS SISTEMAS DE LOSAS CON VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO (Separación 90 cm)**

**Carga máxima de Servicio - Claro** (Separación 90 cm)

Carga máxima de servicio (kgf/m<sup>2</sup>)

1.0 PP + 1.0 SCM + 1.0 CV

Tipo de sección

	500	550	600	650	700	750	800	850
VTR 25-10A-2A	8.00	7.70	7.40	7.10	6.80	6.50		
VTR 25-12A-2A	8.40	8.10	7.80	7.50	7.20	6.90		
VTR 30-10A-2A		8.90	8.60	8.30	8.00	7.70	7.40	7.10
VTR 30-12A-2A		9.40	9.10	8.80	8.50	8.20	7.90	7.60

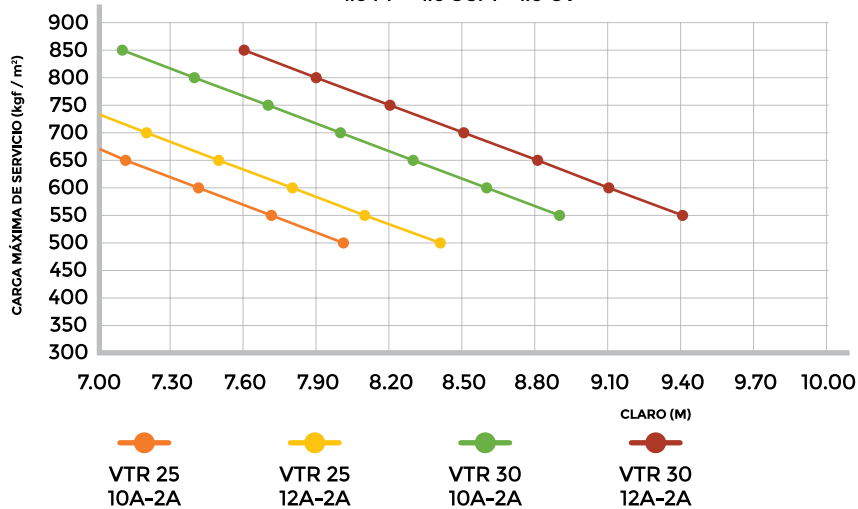
PP = Peso propio del sistema incluye el peso de la capa de compresión

SCM = Sobrecarga muerta actuante sobre el sistema de losa

CV = Carga viva de acuerdo al uso de la edificación

**Carga máxima de Servicio - Claro**

1.0 PP + 1.0 SCM + 1.0 CV



**XXI. RELACIÓN CARGA ÚLTIMA - CLARO DE LOS SISTEMAS DE LOSAS CON VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO (Separación 90 cm)**

**Carga última - Claro (separación 90 cm)**

**Carga última (kgf/m<sup>2</sup>)**  
1.4 PP + 1.4 SCM

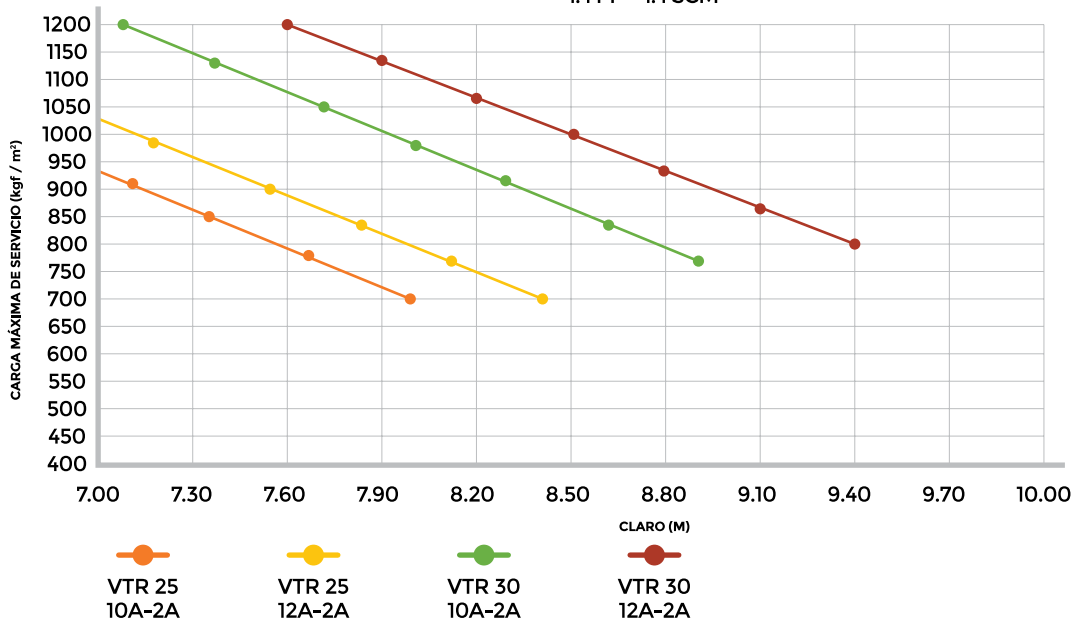
Tipo de sección

	700	770	840	910	980	1050	1120	1190
VTR 25-10A-2A	8.00	7.70	7.40	7.10	6.80	6.50		
VTR 25-12A-2A	8.40	8.10	7.80	7.50	7.20	6.90		
VTR 30-10A-2A		8.90	8.60	8.30	8.00	7.70	7.40	7.10
VTR 30-12A-2A		9.40	9.10	8.80	8.50	8.20	7.90	7.60

PP = Peso propio del sistema incluye el peso de la capa de compresión  
 SCM = Sobrecarga muerta actuante sobre el sistema de losa  
 CV = Carga viva de acuerdo al uso de la edificación

**Carga última - Claro**

1.4 PP + 1.4 SCM



**XXII. RELACIÓN CARGA ÚLTIMA - CLARO DE LOS SISTEMAS DE LOSAS CON VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO (Separación 90 cm)**

**Carga última - Claro** (separación 90 cm)

**Carga última (kgf/m<sup>2</sup>)**  
1.2 PP + 1.2 SCM + 1.6 CV

Tipo de sección

	700	770	840	910	980	1050	1120	1190
VTR 25-10A-2A	8.00	7.70	7.40	7.10	6.80	6.50		
VTR 25-12A-2A	8.40	8.10	7.80	7.50	7.20	6.90		
VTR 30-10A-2A		8.90	8.60	8.30	8.00	7.70	7.40	7.10
VTR 30-12A-2A		9.40	9.10	8.80	8.50	8.20	7.90	7.60

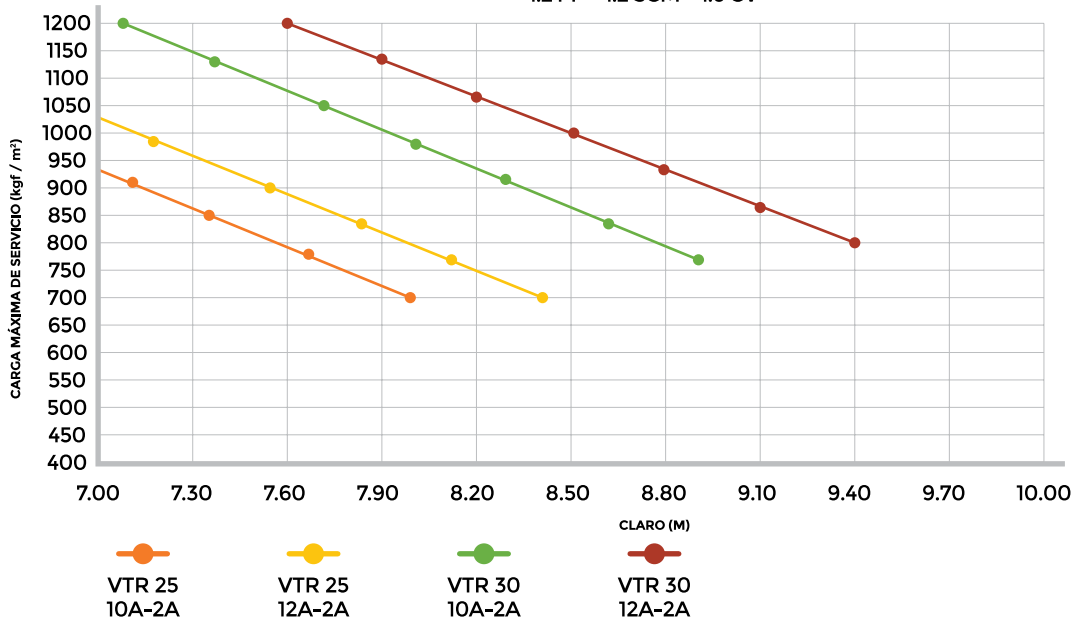
PP = Peso propio del sistema incluye el peso de la capa de compresión

SCM = Sobrecarga muerta actuante sobre el sistema de losa

CV = Carga viva de acuerdo al uso de la edificación

**Carga última - Claro**

1.2 PP + 1.2 SCM + 1.6 CV



**XXIII. RELACIÓN CARGA DE CONSTRUCCIÓN - CLARO DE AUTOPORTANCIA DE VIGAS TUBULARES (VTR) PETREO (Separación 90 cm)**

**Carga de construcción - Claro de autoportancia** (separación 90 cm)

		Carga de construcción(kgf/m <sup>2</sup> ) 1.0 PP + 20 kgf/m <sup>2</sup> + 150 kgf/m <sup>2</sup> + (150 kgf/Claro <sup>2</sup> )	
		430	460
<b>Tipo de sección</b>	VTR 25-10A-2A	6.30	
	VTR 25-12A-2A	6.70	
	VTR 30-10A-2A		7.00
	VTR 30-12A-2A		7.50

PP = Peso propio del sistema incluye el peso de la capa de compresión

Cvt = Carga Viva Transitoria de 150 kgf/m<sup>2</sup>

Qvt = Carga concentrada 150 kgf distribuida en el tablero



**XXIV. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA****1. ACI Committee 318 (ACI 318, 2019)**

“Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-19)”. American Concrete Institute, EUA, 2019.

**2. Norma Mexicana NMX-C-406-2019 ONNCCE**

Sistemas de vigueta y bovedilla y componentes prefabricados similares para losas. Declaratoria de vigencia publicada en el D.O.F el día 17 de abril de 2020.

**3. NTC-CDMX (2017)**

Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo del Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México. Gaceta Oficial de la Ciudad de México, México 2017.

**4. NTC-CDMX (2017)**

Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto del Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México. Gaceta Oficial de la Ciudad de México, México 2017.

**5. NTC-CDMX (2017)**

Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones del Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México. Gaceta Oficial de la Ciudad de México, México 2017.

**6. ANIVIP (2008)**

Manual de Diseño de Estructural de Sistemas de Piso a base de Viguetas Pretensada y Bovedilla, Asociación Nacional de Industriales de Vigueta Pretensada, ANIVIP 2008.

**7. D. MANZANARES, R. BETANCOURT R.**

Guía para el Diseño por Vibraciones Debido a la Actividad Humana en Sistemas de Pisos Prefabricados, Asociación Nacional de Industriales de Vigueta Pretensada, ANIVIP, 2013.

**8. D.E. Allen, T.M. Murray**

“Design Criterion for Vibrations Due to Walking”, Engineering Journal, Fourth Quarter, American Institute of Steel Construction, 1993.

**9. ANIPPAC (2018)**

Manual de Diseño de Estructuras Prefabricadas y Presforzadas, Segunda Edición, ANIPPAC, 2018.





# PETREO<sup>®</sup>

PREFABRICADOS · PRETENSADOS





**PETREO**<sup>®</sup>  
PREFABRICADOS · PRETENSADOS

**CATÁLOGO TÉCNICO 2020**  
Prefabricados de Concreto



**Petreomecanic Pretensados S.A. de C.V.**  
Vialidad Principal 15  
San Juan de los Arcos  
Tala, Jalisco, Mexico 45331  
[petreomecanic.com.mx](http://petreomecanic.com.mx)

