



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL VENADO TUERTO**

Departamento de Ingeniería Civil

**VIGUETAS PRETENSADAS**

Proyecto Final N° 68

**COORDINADOR Y DIRECTOR DEL PROYECTO FINAL**

Ing. Mauricio Revelant

**ASESORES TÉCNICOS**

Ing. Roberto Manavella

Ing. Leandro Prevosto

Ing. Flaviano Maggioni

**ALUMNO**

Sergio Juan Cesana

31 de Octubre de 2018



**Índice de Contenidos:**

Objetivos del trabajo	05
Desarrollo	06
1. Hormigón Pretensado: Que es y cómo funciona:	06
1.1. Hormigón:	06
1.2. Hormigón Pretensado – con armaduras pretensas	07
1.3. Procedimiento Pos-tensado:	08
1.4. Ventajas del hormigón pretensado	09
1.5. Desventajas del hormigón pretensado	09
1.6. Materiales	09
1.6.1 Hormigón	09
1.6.2 Acero	09
2. Viguetas	10
2.1. ¿Que son las Viguetas?	10
2.2. La más usada en nuestro medio	10
2.3. Función de las Viguetas	10
2.4. Aplicaciones y Beneficios	11
2.5. Ventajas	11
2.6. Resistencia	13
2.7. Elementos del Bloque estructural	13
2.7.1. Bloques o Bovedillas	13
2.7.2. Capa de Compresión	14
2.8. Usos más frecuentes	14
2.9. Instrucción operativa de manipuleo y acopio de viguetas	15
2.10. Sistema de aplicación de la Vigueta	16
2.10.1. Óptima traba	16
2.10.2. Máxima resistencia	16
2.10.3. Valor agregado	16
2.11. Viguetas: Cálculo y Elección	16
2.11.1 Denominación series	17
2.11.2. Luces Admisibles	18
2.11.3. Momentos Flectores Admisibles	19
2.11.4. Datos generales a tener en cuenta para seleccionar correctamente las viguetas.	19
2.11.4.1. Ejemplo de cálculo	19
2.11.4.2 Utilizando la tabla de luces admisibles	19
2.11.4.3 Utilizando las tablas de momentos admisibles	20
2.12. Viguetas, Recomendaciones Técnicas	21
2.12.1. Modo de acopio de viguetas	21
2.12.2. Armadura de distribución	21
2.12.3. Viguetas que se apoyan sobre una viga a vaciar	21
2.12.4. Viguetas que se apoyan sobre una viga o muro existente	21

2.12.5. Voladizos	21
2.12.6. Diafragma o Riostras transversales	21
2.12.7. Tabique transversal a las viguetas	22
2.12.8. Viguetas paralelas a una viga	22
2.12.9. Viguetas empotradas en viga invertida o en viga plana	22
2.12.10. Apuntalamiento	22
2.12.11. Colocación de viguetas y bovedillas	23
2.12.12. Limpieza y Mojado	23
2.12.13. Hormigonado	24
2.12.14. Curado y desapuntalado	24
2.13. Casos Especiales – Solución	25
2.13.1. Carga de Tabiques	25
2.13.1.1. Tabiques paralelos a las viguetas	25
2.13.1.2. Para tabiques más pesados	25
2.13.2. Tabiques transversales a las viguetas	25
2.13.3. Voladizos	26
2.13.4. Refuerzo	26
2.13.5. Vigas Placas	27
2.13.6. Apoyo de Viguetas	28
2.13.7. Losa continua	29
2.13.8. Cumbreira	29
2.13.9. Viga Invertida	30
3. ¿Qué se necesita para Fabricarlas?	31
3.1. Terreno:	31
3.2. Pistas:	31
3.3. Central de Concreto	33
3.4. Galpón	33
3.5. Posibilidad de Realización – Proveedor	34
3.5.1. Máquina Moldeadora Universal	36
3.5.1.1. Item 1.1: Unidad de Alimentación Universal	36
3.5.1.2. Item 1.2: Opcionales para la Moldeadora	37
3.5.1.3. Item 1.3: Moldeadora de Complementación	37
3.5.1.3.1. Item 1.3.1: Par de Dispositivos 12-T	38
3.5.2. Item 2: Cortadora de Hormigón WCH	38
3.5.2.1. Item 2.1: Cable y Hoja de Sierra	40
3.5.3. Item 3: Conjunto Cabezales	40
3.5.3.1. Item 3.1: Juego de Apoyos de Destensado	41
3.5.4. Item 4: Cubeta de Transporte	41
3.5.4.1. Item 4.1: Carro Transportador de Cubetas	42
3.5.5. Item 5: Garra Doble	42
3.5.5.1. Item 5.1: Par de Garras Mecánicas	43
3.5.6. Item 6: Unidad Motriz	43

3.5.6.1. Item 6.1: Tensor Automático Hidráulico	44
3.5.6.2. Item 6.2: Prolongador del Tensor	44
3.5.6.3. Item 6.3: Cuñas y Barriles	44
3.5.7. Item 7: Conjunto de Bomba y Cilindros Hidráulicos	44
3.5.7.1. Item 7.1: Unidad Hidráulica	44
3.5.7.2. Item 7.2: Cilindros Hidráulicos	45
3.5.8. Item 8: Estación Desbobinadora	45
3.5.8.1. Item 8.1: Carro Distribuidor de Alambres:	45
3.5.9. Accesorios fuera del presupuesto	46
3.5.9.1. Limpieza de Pistas de Producción	46
3.5.9.2. Fraguado de Piezas	46
4. Posibilidad de Realización	47
4.1. ¿Cuál es su Mercado?	47
4.1.1. Mayorista	47
4.1.1.1. Gran distribución	47
4.1.1.2. Franquicia	47
4.1.1.3. Ventajas y desventajas de los mayoristas	47
4.1.2. Minorista	48
4.1.2.1. Comercio independiente o pequeño comercio	48
4.1.3. Caso particular en estudio	48
4.1.3.1. Ventas Minoristas	48
4.1.3.2. Ventas a Representantes (Mayoristas)	48
4.2. Posibilidad de Realización – Espacio	49
4.3. Posibilidad de Realización – Económico	50
4.4. Posibilidad de Realización – Estudio TIR – VAN	51
4.4.1. Cuando la tasa es elegida por el inversor	52
4.4.2. Cómo se puede aplicar el VAN	53
4.4.3. Cómo se puede aplicar el TIR	53
4.4.4. Estudio VAN – TIR para nuestro caso	54
4.4.4.1. Cálculos Previos	54
4.4.4.1.1. Cálculo de kilos de hierro por pista	55
4.4.4.1.2. Cantidad de m <sup>3</sup> de hormigón por pista	55
4.4.4.1.3. Materiales para 1 m <sup>3</sup> de hormigón	56
4.4.4.1.4. Cálculo de metros lineales a producir por mes	56
4.4.4.2. Caso: estudio TIR en \$ con ventas optimistas de 90%	56
4.4.4.3. Cuadro Resumen	57
4.4.4.4. Conclusiones del estudio	57
5. Conclusiones del Trabajo	59
6. Bibliografía	60
7. Anexo - Planos	61
8. Anexo – Tabla Viguetas Cesana	62

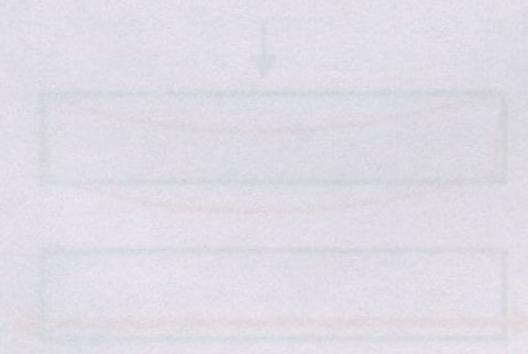
**Objetivos del Trabajo:**

El trabajo tiene como objetivo principal mostrar las ventajas del hormigón pretensado, enfocando la atención en una pieza en especial: las Viguetas Pretensadas.

Se pretende mostrar cuál es la mecánica de funcionamiento de las viguetas, cuáles son sus ventajas y desventajas, como se manipulan y colocan.

Adicionalmente se expondrá qué elementos se necesitan para la fabricación de las Viguetas Pretensadas: espacios, maquinarias, herramientas, puentes grúas, central de concreto, etc.

Como objetivo final se intentará realizar un estudio de factibilidad en una situación real, tanto de espacios para la fabricación, como un estudio económico basado en las variables VAN y TIR.



**Desarrollo:****1. Hormigón Pretensado: Que es y cómo funciona:****1.1. Hormigón:**

El hormigón es un material compuesto, empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade áridos (agregado), agua y aditivos específicos.

El aglomerante es, en la mayoría de las ocasiones, cemento (generalmente cemento Portland) mezclado con una proporción adecuada de agua para que se produzca una reacción de hidratación. Las partículas de agregados, dependiendo fundamentalmente de su diámetro medio, son los áridos (que se clasifican en grava, gravilla y arena). La sola mezcla de cemento con arena y agua (sin la participación de un agregado) se denomina mortero. Existen hormigones que se producen con otros conglomerantes que no son cemento, como el hormigón asfáltico que utiliza betún para realizar la mezcla.

Unas de las principales ventajas del hormigón es su cualidad de rellenar y tomar la forma de un molde o encofrado con una forma previamente establecida.

El hormigón armado consiste en la utilización de hormigón o concreto reforzado con barras o mallas de acero, llamadas armaduras. También se puede armar con fibras, tales como fibras plásticas, fibra de vidrio, fibras de acero o combinaciones de barras de acero con fibras dependiendo de los requerimientos a los que estará sometido.

El hormigón en masa es un material moldeable y con buenas propiedades mecánicas y de durabilidad, y aunque resiste tensiones y esfuerzos de compresión apreciables, tiene una resistencia a la tracción muy reducida. Para resistir adecuadamente esfuerzos de tracción es necesario combinar el hormigón con un esqueleto de acero. Este esqueleto tiene la misión de resistir las tensiones de tracción que aparecen en la estructura, mientras que el hormigón resistirá la compresión (siendo más barato que el acero y ofreciendo propiedades de durabilidad adecuadas).

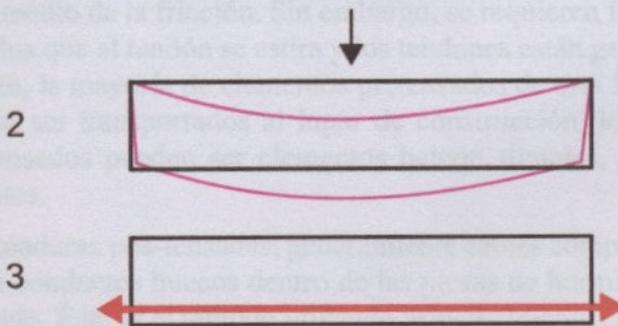


Figura 0: deformación y esfuerzos en el hormigón

Por otro lado, el acero confiere a las piezas mayor ductilidad, permitiendo que las mismas se deformen apreciablemente antes de la falla. Una estructura con más acero presentará un modo de fallo más dúctil (y, por tanto, menos frágil); esa es la razón por la que muchas instrucciones exigen una cantidad mínima de acero en ciertas secciones críticas.

Se denomina hormigón pretensado a la tecnología de construcción de elementos estructurales de hormigón sometidos intencionadamente a esfuerzos de compresión previos a su puesta en servicio. Dichos esfuerzos se consiguen mediante barras, alambres o cables de alambres de acero que son tensados y anclados al hormigón.

Esta técnica se emplea para superar la debilidad natural del hormigón frente a esfuerzos de tracción, y fue patentada por Eugène Freyssinet en 1920.

El objetivo es el aumento de la resistencia a tracción del hormigón, introduciendo un esfuerzo de compresión interno que contrarreste en parte el esfuerzo de tracción que producen las cargas de servicio en el elemento estructural.

En el hormigón armado convencional se proporciona resistencia a la tracción a los elementos estructurales colocando acero de refuerzo (pasivo) en las zonas de los elementos estructurales donde pueden aparecer tracciones. Esta forma de proporcionar resistencia a la tracción puede garantizar una resistencia poco adecuada al elemento y presenta el inconveniente de no impedir el agrietamiento del hormigón para ciertos niveles de carga. Una manera de evitar que aparezcan las fisuras, y por tanto eliminar el peso muerto de hormigón fisurado, es introducir unas fuerzas adicionales que compensen el efecto de las acciones exteriores de manera que, cuando actúan conjuntamente las acciones exteriores y esas fuerzas adicionales, sus efectos se compensen. De esta manera se llega al hormigón pretensado. En la manera más habitualmente utilizada hoy en día, el pretensado se materializa embebiendo en el hormigón unos cables de acero con un trazado adecuado que se ponen en tracción previamente a la puesta en servicio de la estructura.

Mediante armaduras pretensas; generalmente barras o alambres que se tensan en un banco, se mantienen tensadas y se embeben dentro del molde en hormigón fresco para formar una pieza. Cuando el hormigón ha fraguado se sueltan los anclajes y el hormigón queda comprimido. Éste es el método utilizado mayoritariamente en elementos prefabricados.

### **1.2. Hormigón Pretensado – con armaduras pretensas**

El hormigón se vierte alrededor de tendones tensados. Este método produce un buen vínculo entre el tendón y el hormigón, el cual protege al tendón de la oxidación, y permite la transferencia directa de tensión. El hormigón o concreto fraguado se adhiere a las barras, y cuando la tensión se libera, es transferida hacia el hormigón en forma de compresión por medio de la fricción. Sin embargo, se requieren fuertes puntos de anclaje exteriores entre los que el tendón se estira y los tendones están generalmente en una línea recta. Por lo tanto, la mayoría de elementos pretensados de esta forma son prefabricados en taller y deben ser transportados al lugar de construcción, lo que limita su tamaño. Elementos pretensados pueden ser elementos balcón, dinteles, losas de piso, vigas de fundación o pilotes.

Mediante armaduras pos-tensadas; generalmente cables compuestos por alambres que se introducen en conductos huecos dentro de las piezas de hormigón y se tensan cuando éste ya ha fraguado. Éste es el método utilizado principalmente para construir tableros de puentes y otras grandes estructuras cuando éstas se hormigonan "in situ".



Figura 1: Puente peatonal en volados sucesivos pos-tensados, Grants Pass, Oregón, EEUU



Figura 2: Placa de anclaje de los cables de pos-tensado en un puente.

### 1.3. Procedimiento Pos-tensado:

En el interior del molde de hormigón se coloca una vaina de plástico, acero o aluminio, para seguir el trazado más conveniente en el interior de la pieza, siguiendo la franja donde, de otra manera, se registrarían tracciones en el elemento estructural. Una vez que el hormigón se ha endurecido, los tendones se pasan a través de los conductos. Después dichos tendones son tensados mediante gatos hidráulicos que reaccionan contra la propia pieza de hormigón. Cuando los tendones se han estirado lo suficiente, de acuerdo con las especificaciones de diseño, estos quedan atrapados en su posición mediante cuñas u otros sistemas de anclaje y mantienen la tensión después de que los gatos hidráulicos se

retiren, transfiriendo así la presión hacia el hormigón. El conducto es rellenado con grasa o lechada de cemento para proteger los tendones de la corrosión. Este método es comúnmente utilizado para crear elementos estructurales de obra civil o edificación sometidos a esfuerzos de tracción importantes. Por ejemplo, el pos-tensado se utiliza en la construcción de puentes de hormigón, siendo prácticamente imprescindible en los sistemas de construcción por voladizos, empuje y dovelas prefabricadas, etc.

#### 1.4. Ventajas del hormigón pretensado

- Brinda un mejor comportamiento bajo cargas de servicio.
- Los elementos pretensados logran ser eficientes y esbeltos utilizando menos material que otros procesos constructivos.
- Su producción en serie, al ser industrializados, brinda mayor ajuste en tiempo.
- Cuando se usa adecuadamente y en los elementos que corresponde, se consigue disminuir los costos de la obra.

#### 1.5. Desventajas del hormigón pretensado

- Requiere una inversión inicial.
- El diseño de los elementos estructurales es más complejo y especializado.
- Es necesario contar con operarios especializados, tanto para la construcción de los elementos pos-tensados como el montaje de los elementos pretensados.
- Si no se emplea adecuadamente y en los elementos que corresponde, se pueden incrementar los costos de la obra.

#### 1.6. Materiales

Los componentes básicos del Hormigón Pretensado son dos: el Hormigón y el Acero. Ambos con características específicas que lo distinguen de otros procesos constructivos.

##### 1.6.1 Hormigón

- Las resistencias generalmente usadas son de 35, 40, 45, 50 y 55 MPa (350, 400, 450, 500 y 550 kg/cm<sup>2</sup>)

##### 1.6.2 Acero

- Los tres principales tipos de acero son:
  - Alambres.
  - Alambres trenzados (torones).
  - Barras.
- Las resistencias generalmente usadas de los aceros de pretensar varían de 1570 a 1860 MPa (del orden de 15.000 a 18.000 kg/cm<sup>2</sup>)

## 2. Viguetas

### 2.1. ¿Que son las Viguetas?

Las viguetas son elementos de hormigón pretensado de sección T invertida constante, construidas por extrusión con hormigón H-30 y cordones de acero para pretensado.

Es un elemento prismático de hormigón sometido a tensiones de pre-compresión aplicadas por medio de su armadura de acero para pretensado, tensada antes de hormigonar y que posteriormente al destensarla queda anclada al hormigón que previamente ha alcanzado la resistencia adecuada.

Son los elementos estructurales básicos de una losa que necesitan complementarse con las bovedillas o bloques para techo, con el hormigón de la capa de compresión, con la armadura de distribución y con los refuerzos de los nervios, para constituir un único elemento estructural rígido, capaz de resistir y transmitir los esfuerzos a que estará sometido.

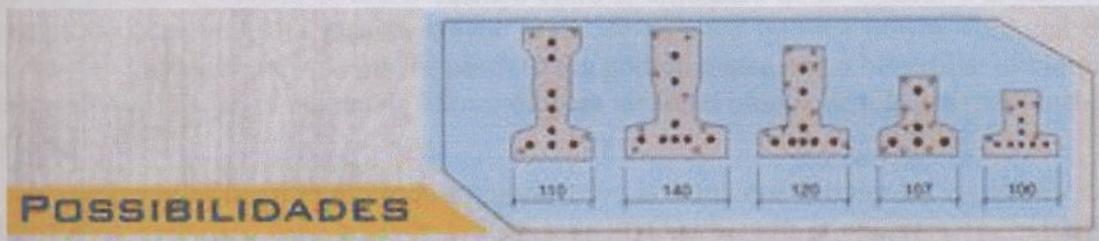


Figura 3: Viguetas, distintos tamaños y distribución de armadura pre-tensada.

### 2.2. La más usada en nuestro medio:

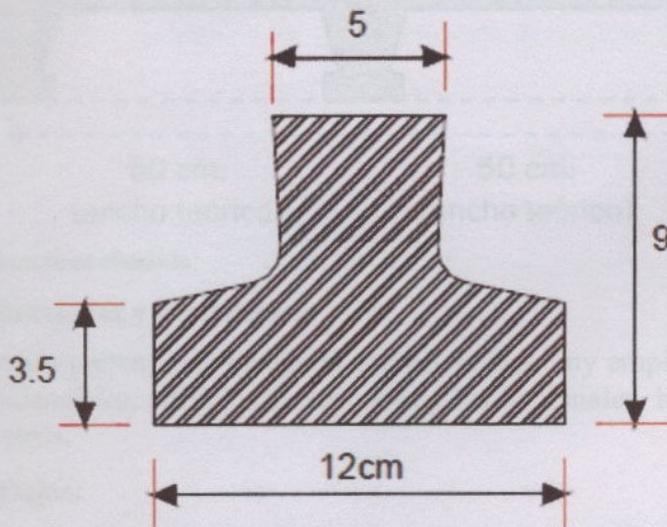


Figura 4: Viguetas, tamaño estándar en nuestro medio.

### 2.3. Función de las Viguetas

Se emplean en la construcción de entrepisos y techos como pieza estructural destinada a soportar cargas. Con la bovedilla como elemento de relleno y la capa de compresión (hormigón colado en el lugar) conforman un sistema constructivo para losas más difundido en nuestros días, por su sencillo armado, el bajo costo y su excelente resultado y durabilidad.

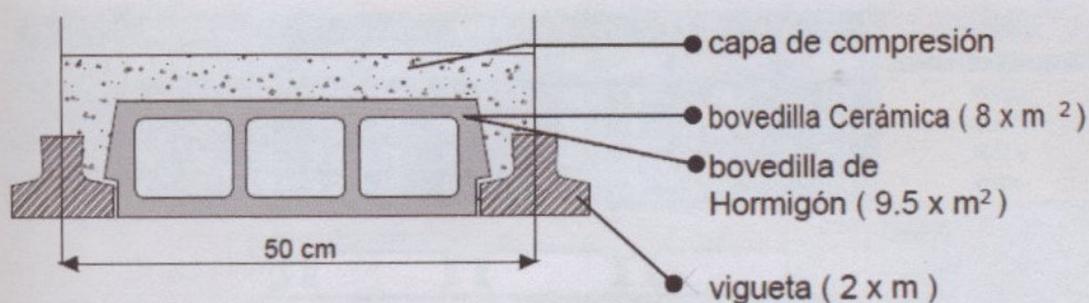


Figura 5: Viguetas, bloque estructural.

La vigueta junto a la bovedilla, debidamente apuntaladas, forma el encofrado para recibir el hormigón que forma la capa de compresión. Con posterioridad, al desapuntalarse, el hormigón de la capa de compresión y el de la vigueta trabajan en conjunto ayudados por el pretensado de las viguetas.

Las bovedillas hacen de encofrado de la capa de compresión, y alivianan la losa ya que permite aumentar el brazo elástico entre la armadura de la vigueta y la capa de compresión (en una losa maciza mayor brazo de palanca implica mayor volumen de hormigón y en consecuencia mayor peso) O sea podría usarse como bovedilla: el bloque cerámico para techo, el bloque de hormigón para techo, el bloque de telgopor para techo, o un encofrado.

La capa de compresión se hormigona sobre la cama que forman las viguetas y las bovedillas. Una vez desapuntalada la losa trabaja absorbiendo la compresión. Se debe usar para su construcción un hormigón H-13 o superior y un tamaño máximo de ripio de 20 mm. Estáticamente, la estructura final obtenida es una losa nervurada.

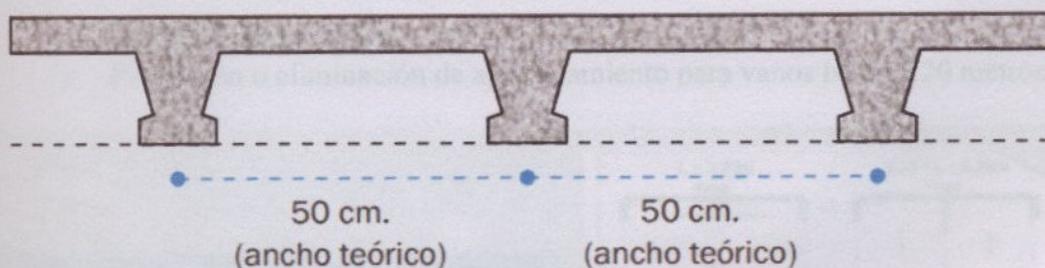


Figura 5-1: Estructura final obtenida.

#### 2.4. Aplicaciones y Beneficios:

Las viguetas pretensadas tienen un campo de uso muy amplio, pueden utilizarse en las obras residenciales, edificios comerciales y habitacionales, industrias, hospitales, shopping entre otros.

#### 2.5. Ventajas:

- Menor consumo de hormigón y mano de obra.



Figura 6: Viguetas, economía en hormigón.

- Reduce el peso total de toda la edificación disminuyendo el costo de las fundaciones.

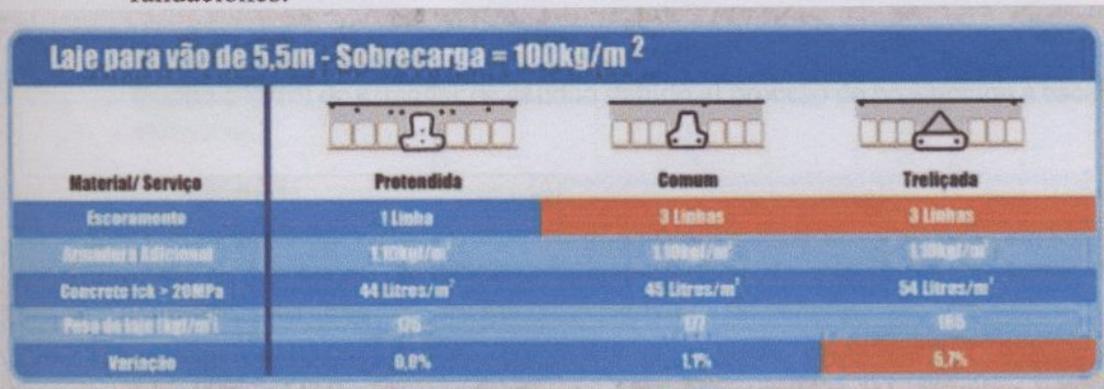


Figura 7: Viguetas, reducción de pesos.

- Facilidad de ejecución.
- Reducción o eliminación de apuntalamiento para vanos hasta 3,20 metros.

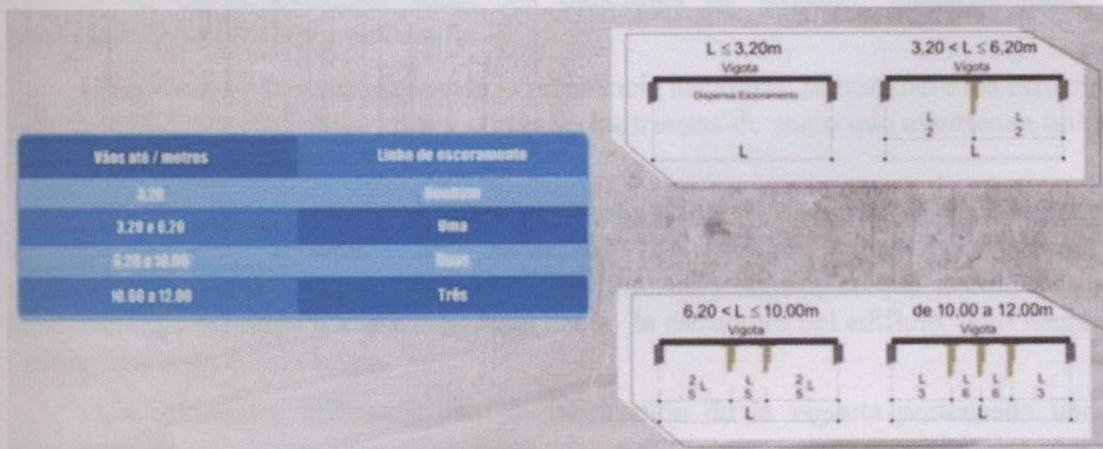


Figura 7-1: Viguetas, reducción de apuntalamiento.

- Apuntalamiento simple y de fácil montaje y desmontaje, resultando menos costo.
- Vanos grandes más económicos, sin aumento de espesor. Para una misma sobrecarga, presenta menores flechas finales, debido al efecto de pretensado de la vigueta.

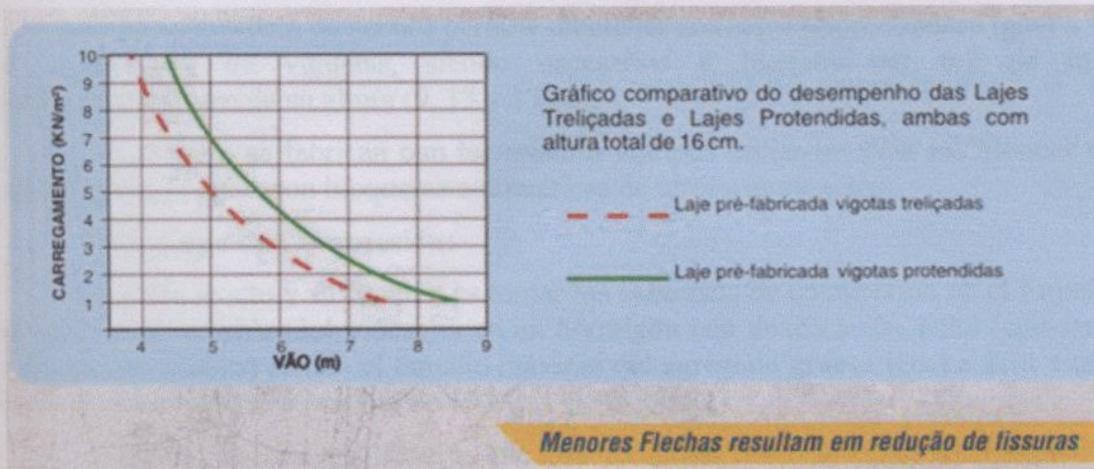


Figura 8: Viguetas, menores flechas finais.

- Reducción de Fisuras.
- Rígido control de estándar de calidad debido al proceso de producción a escala industrial.

## 2.6. Resistencia:

La resistencia de las viguetas depende de la cuantía de acero y su distribución, y la excentricidad de las cargas de pretensado, generándose de esta forma las series de producción standard que cumplen con los requerimientos de cálculo.

Se fabrican con hormigones de alta resistencia (30MPa; 300kg/cm<sup>2</sup>), y armadura de acero para pretensando tensada antes de hormigonar, y que posteriormente al destensarla, queda anclada el hormigón por adherencia.

El acero es fijado a las placas de anclaje mediante cuñas especiales, procediéndose al hormigonado con una máquina moldeadora que se desliza sobre una pista de gran longitud en cuyos extremos están los cabezales de tensado. Posteriormente al hormigonado, se procede a su curado.

Finalmente y una vez alcanzada la resistencia necesaria, se transfiere los esfuerzos al hormigón liberando los anclajes y cortando las trenzas de acero que mantienen unidas la viguetas longitudinalmente.

Una vigueta es parte de un sistema estructural que constituye una losa aliviada, su función es absorber los esfuerzos de flexión que se presentan en los nervios modulares de la placa de losa; la forma y sentido en que es colocada permite transmitir las cargas de uso funcional hacia la estructura del edificio, para luego ser transmitidas a las fundaciones.

Los materiales utilizados para la fabricación de la vigueta pretensada tienen características muy superiores a las fabricadas con hormigones convencionales, por lo que generan elementos de mayor calidad y resistencia.

## 2.7. Elementos del Bloque estructural

### 2.7.1. Bloques o Bovedillas:

Su función del forjado es solamente de relleno, y su altura permite establecer el brazo elástico resistente entre las resultantes de tracción y compresión.

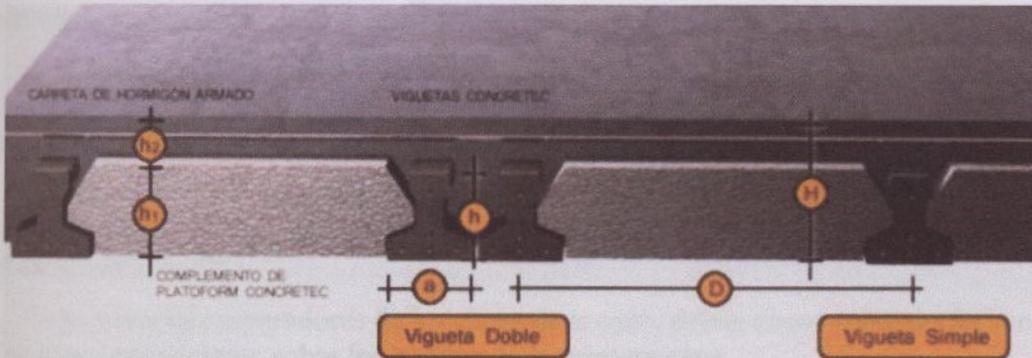
Su tamaño (40cm de ancho) permite mantener una separación standard igual a 50 cm. entre ejes de viguetas, siendo necesarios 8 bloques por m<sup>2</sup> de losa independientemente de su altura (9, 13 y 17cm).

Los bloques se fabrican con los mismos equipos utilizados para los bloques de mampostería, es decir con bloqueras automáticas de última generación.

### 2.7.2. Capa de Compresión:

Se cuela in situ y su función es tomar los esfuerzos de compresión en el forjado. Su espesor es variable (3,4 y 5cm) y es un hormigón con dosificación 1:2:3 (cemento, arena gruesa, granza) siendo el tamaño máximo del agregado grueso igual a 2cm y una resistencia característica mínima de 13 Mpa. (130kg/cm<sup>2</sup>).

La estructura final resultante es una losa nervurada como se indica en el esquema.



DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	DIMENSIONES [cm]	
		Simple	Doble
Distancia entre ejes (Paso)	D	50-55-58-60	62-70-72
Altura de complemento	h <sub>1</sub>	de 10 a 25	de 12 a 25
Altura de carpeta de compresión	h <sub>2</sub>	5	5
Altura paquete estructural	H	de 15 a 30	de 17 a 30

Figura 9: Viguetas, paquete estructural.

Las viguetas pretensadas están diseñadas para generar una perfecta adherencia con el hormigón de la losa. Son utilizadas en todo tipo de losas como elementos resistentes, reduciendo significativamente los pesos estructurales y facilitando el colocado de las losas, reduce de manera importante los tiempo de ejecución de obra y baja los costos de mano de obra significativamente.

### 2.8. Usos más frecuentes:

- Losas de entrespiso.
- Losas de cubierta.
- Embovedados de cerramiento.
- Pasos peatonales.
- Edificios de estacionamiento.
- Edificaciones de gran altura.
- Edificaciones desde 2 plantas.

**2.9. Instrucción operativa de manipuleo y acopio de viguetas:**

1- Los elementos como viguetas y losas huecas, deben ser acopiados en forma tal, que la armadura principal esté siempre hacia abajo.

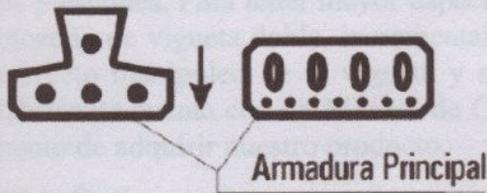


Figura 10: Viguetas, acopiado con armadura hacia abajo.

2- Los apoyos de la primera capa de elementos, deben colocarse sobre suelo firme y nivelado, de manera de evitar que se produzcan hundimientos que desestabilicen los elementos acopiados.

3- La primera capa debe ser colocada sobre unos apoyos rígidos, como por ejemplo, dos tramos de viguetas y luego, sobre las viguetas se colocan dos listones de madera blanda (por ejemplo álamo), cuya longitud no sea menor al ancho del acopio.

4- Entre las capas acopiadas deben colocarse unos listones ubicados en el extremo, a unos 15 o 20 c. de los apoyos para permitir pasar las eslingas. Los listones de madera deben ser de 2" x 1".

5- Los listones separadores de las capas de acopio, deben encontrarse perfectamente alineados verticalmente sobre los apoyos de la primera capa.

6- En caso de elementos de gran longitud, en lo que respecta al acopio, deben colocarse también listones separadores de madera blanda en su parte media.

7- La cantidad de capas debe ser tal que no sobrepase la altura de 15 piezas.

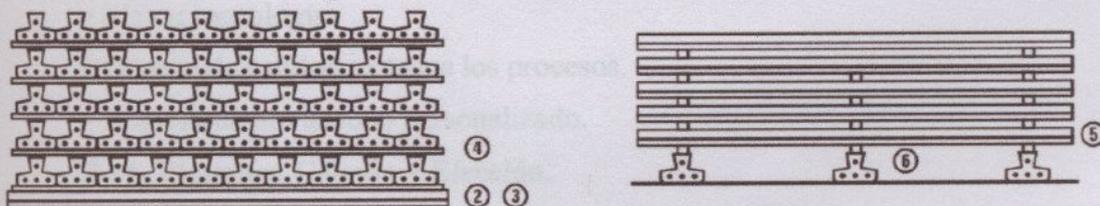


Figura 11: Viguetas, acopiado no superior a 15 piezas.

8- Para realizar la manipulación de los elementos en forma manual, se tienen que utilizar por lo menos dos operarios, en donde cada uno de ellos debe tomar el elemento por sus extremos.

9- Cuando se descargan los elementos del camión que los transporta no deben apoyarse por su parte media con el filo de la caja del mismo.

10- Cuando se realiza la descarga de viguetas se deberá evitar que el operario que realiza dicha tarea, transite por el extremo de los elementos que todavía se encuentran sobre la caja del camión, para que no se produzca la rotura de los extremos de los elementos.

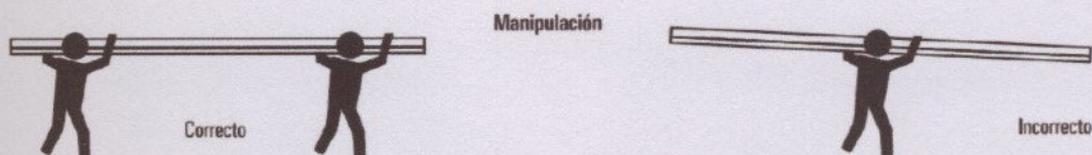


Figura 12: Viguetas, modo correcto de traslado por operarios.

## 2.10. Sistema de aplicación de la Vigueta

El espaciamiento entre viguetas permite aumentar la capacidad resistente de las losas, de la misma manera la variación de la altura del complemento permite generar losas más rígidas y estables. Para tener mayor capacidad de carga en las losas se puede hacer uso del colocado de vigueta doble, incrementando la sección de los nervios resistentes. Para un correcto manipuleo de la vigueta y su correspondiente colocado en obra, la empresa fabricante cuenta con un Manual de Colocación de Viguetas que será provisto en el momento de adquirir nuestro producto.

### 2.10.1. Óptima traba:

La forma ensanchada de la cabeza asegura un mejor ajuste y fijación con el hormigón de la carpeta de compresión, produciendo un efecto de cuña vertical, consolidando la rigidez y estabilidad de todo el elemento. Adherencia perfecta: Los canales que producen un efecto de traba horizontal y la rugosidad de la vigueta, permiten mayor adherencia con el hormigón de la carpeta de compresión, absorbiendo los esfuerzos de corte rasante que se presentan en la losa.

### 2.10.2. Máxima resistencia:

El acero de alta resistencia utilizando como armadura de la vigueta, proporciona a la losa una resistencia superior a tres veces respecto al acero usado en hormigón armado In Situ, garantizando mayor durabilidad en la losa.

### 2.10.3. Valor agregado:

- Luces de mayor longitud sin apoyos intermedios.
- Menor vibración en losas terminadas.
- Mayor rigidez en la losa.
- Mayor tecnología.
- Control de calidad en todos los procesos.
- Asesoramiento técnico personalizado.

## 2.11. Viguetas: Cálculo y Elección.

Cada fabricante cuenta con distintos modelos, tamaños y denominaciones. (Ver Anexo – Tabla Viguetas Cesana). El siguiente es un ejemplo de denominaciones, series, cálculos y tablas de un fabricante en particular.

2.11.1 Denominación series:

DENOMINACIÓN	LARGOS COMERCIALES	OBSERVACIONES
SERIE 1	1.00 a 2.60 m	Largos variables cada 20 cm
SERIE 2	2.70 a 3.80 m	Largos variables cada 10 cm
SERIE 3	3.90 a 4.30 m	
SERIE 4	4.40 a 4.60 m	
SERIE 5	4.80 a 5.60 m	Largos variables cada 20 cm
SERIE 6	5.80 a 6.00 m	
SERIE 7	6.20 a 6.60 m	
SERIE 8	7.00 a 8.00 m	Largos variables cada 40 cm

CONSUMO DE MATERIALES POR m<sup>2</sup> DE LOSA

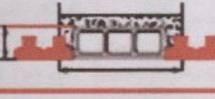
BOVEDILLAS (cm)	Capa de compres (cm)	Bovedilla por m <sup>2</sup>	viguetas por m <sup>2</sup>	Volumen de H <sup>+</sup> (m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> )	Dosificación de H: 1:2:3 Relación agua -cem: 0.50 -0.55			
					Agua (lbs)	Cemento (kg)	Arena (m <sup>3</sup> )	Agregado grueso (m <sup>3</sup> )
	3	8	2	0.035	8	12	0.018	0.026
	4	8	2	0.045	8	16	0.023	0.034
	5	8	2	0.055	10	19	0.028	0.042
	3	8	2	0.044	8	15	0.022	0.033
	4	8	2	0.054	10	19	0.027	0.041
	5	8	2	0.064	11	22	0.032	0.048
	3	8	2	0.056	10	20	0.028	0.042
	4	8	2	0.066	12	23	0.033	0.050
	5	8	2	0.076	14	27	0.038	0.057
	3	6.45	3.22	0.055	10	19	0.028	0.042
	4	6.45	3.22	0.065	12	23	0.033	0.049
	5	6.45	3.22	0.075	13	26	0.038	0.057
	3	6.45	3.22	0.072	13	25	0.036	0.055
	4	6.45	3.22	0.082	15	29	0.041	0.062
	5	6.45	3.22	0.092	16	32	0.047	0.070

Tabla 1: Viguetas, series y consumo de materiales.

2.11.2. Luces Admisibles:

SERIE Y LONG. (m)	CARGA UTIL (Kg/m <sup>2</sup> )																		
		BOVEDILLA 9 cm			BOVEDILLA 13 cm			BOVEDILLA 17 cm			BOVEDILLA 13 cm			BOVEDILLA 17 cm					
		Capa comp(cm)			Capa comp(cm)			Capa comp(cm)			Capa comp(cm)			Capa comp(cm)					
		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5			
		g (Kg/m <sup>2</sup> )			g (Kg/m <sup>2</sup> )			g (Kg/m <sup>2</sup> )			g (Kg/m <sup>2</sup> )			g (Kg/m <sup>2</sup> )					
SERIE-1 1.00 a 2.60 m	150	183	205	227	211	233	255	247	269	291	240	262	284	264	306	328			
	200	2.54	2.68	2.78	3.28	3.36	3.47	3.88	3.98	4.07									
	250	2.37	2.51	2.61	3.07	3.16	3.27	3.66	3.76	3.85									
	300	2.23	2.37	2.47	2.90	2.99	3.10	3.47	3.58	3.67									
	350	2.11	2.25	2.35	2.75	2.85	2.96	3.31	3.42	3.51									
SERIE-2 2.70 a 3.80 m	150	2.01	2.14	2.25	2.63	2.72	2.84	3.17	3.28	3.37									
	200	1.92	2.05	2.16	2.52	2.61	2.73	3.04	3.15	3.25									
	250	2.79	2.92	3.04	3.55	3.70	3.79	4.24	4.35	4.44									
	300	2.61	2.73	2.86	3.33	3.48	3.57	4.00	4.11	4.21									
	350	2.45	2.58	2.70	3.14	3.29	3.39	3.79	3.91	4.01									
SERIE-3 3.90 a 4.30 m	400	2.32	2.45	2.57	2.99	3.14	3.23	3.62	3.73	3.84									
	150	2.21	2.33	2.46	2.85	3.00	3.10	3.46	3.58	3.69									
	200	2.11	2.24	2.36	2.73	2.88	2.98	3.32	3.44	3.55									
	250	2.99	3.15	3.29	3.86	3.96	4.09	4.57	4.69	4.79	4.50	4.66	4.80	5.30	5.46	5.60			
	300	2.79	2.95	3.09	3.61	3.72	3.86	4.31	4.43	4.54	4.23	4.40	4.55	5.02	5.18	5.33			
SERIE-4 4.40 a 4.60 m	350	2.62	2.78	2.93	3.41	3.52	3.66	4.09	4.21	4.32	4.01	4.18	4.33	4.78	4.94	5.09			
	400	2.48	2.64	2.78	3.24	3.36	3.49	3.90	4.02	4.14	3.82	3.99	4.14	4.57	4.74	4.88			
	150	2.36	2.52	2.66	3.09	3.21	3.35	3.73	3.86	3.97	3.66	3.82	3.97	4.39	4.55	4.70			
	200	2.26	2.41	2.51	2.96	3.08	3.22	3.58	3.71	3.83	3.51	3.68	3.83	4.22	4.39	4.54			
	250	3.42	3.55	3.73	4.39	4.51	4.64	5.19	5.32	5.44	5.11	5.29	5.46	6.02	6.20	6.35			
SERIE-5 4.80 a 5.60 m	300	3.19	3.33	3.51	4.12	4.24	4.38	4.89	5.03	5.15	4.81	5.00	5.17	5.70	5.89	6.05			
	350	3.00	3.14	3.32	3.89	4.01	4.16	4.64	4.78	4.91	4.55	4.74	4.92	5.43	5.61	5.78			
	400	2.84	2.98	3.16	3.69	3.87	3.97	4.42	4.57	4.70	4.34	4.53	4.70	5.19	5.38	5.54			
	150	2.70	2.84	3.02	3.52	3.65	3.80	4.23	4.38	4.51	4.15	4.34	4.51	4.98	5.17	5.34			
	200	2.59	2.72	2.90	3.38	3.51	3.65	4.07	4.21	4.34	3.99	4.17	4.35	4.80	4.98	5.15			
SERIE-6 5.80 a 6.00 m	250	3.61	3.76	3.94	4.61	4.75	4.90	5.48	5.62	5.73	5.38	5.58	5.75	6.35	6.54	6.70			
	300	3.36	3.52	3.71	4.32	4.47	4.62	5.16	5.31	5.43	5.07	5.27	5.45	6.01	6.21	6.38			
	350	3.16	3.32	3.51	4.08	4.23	4.39	4.89	5.05	5.18	4.80	5.00	5.19	5.72	5.92	6.09			
	400	2.99	3.15	3.34	3.87	4.03	4.18	4.66	4.82	4.95	4.58	4.78	4.96	5.47	5.67	5.85			
	150	2.85	3.01	3.19	3.70	3.86	4.01	4.46	4.62	4.76	4.38	4.58	4.76	5.25	5.45	5.63			
SERIE-7 6.20 a 6.80 m	200	2.73	2.88	3.06	3.54	3.70	3.85	4.29	4.44	4.58	4.20	4.40	4.58	5.06	5.25	5.43			
	250	4.09	4.28	4.47	5.24	5.40	5.56	6.22	6.38	6.52	6.12	6.34	6.54	7.22	7.43	7.62			
	300	3.81	4.00	4.20	4.91	5.08	5.24	5.87	6.03	6.18	5.76	5.99	6.19	6.83	7.05	7.25			
	350	3.59	3.78	3.97	4.64	4.81	4.98	5.56	5.74	5.88	5.46	5.69	5.89	6.51	6.73	6.93			
	400	3.39	3.58	3.78	4.40	4.58	4.75	5.30	5.48	5.63	5.20	5.43	5.64	6.22	6.45	6.65			
SERIE-8 7.00 a 8.00 m	150	3.23	3.42	3.61	4.20	4.38	4.55	5.08	5.25	5.41	4.98	5.20	5.41	5.97	6.20	6.40			
	200	3.09	3.28	3.46	4.03	4.20	4.37	4.88	5.05	5.21	4.78	5.00	5.21	5.75	5.97	6.17			
	250	4.52	4.72	4.91	5.77	5.94	6.13	6.86	7.03	7.18	6.74	6.99	7.20	7.95	8.19	8.39			
	300	4.21	4.42	4.62	5.40	5.59	5.78	6.46	6.65	6.81	6.35	6.60	6.82	7.53	7.77	7.99			
	350	3.96	4.17	4.37	5.10	5.29	5.49	6.13	6.32	6.48	6.02	6.27	6.50	7.17	7.41	7.63			
SERIE-8 7.00 a 8.00 m	400	3.75	3.95	4.16	4.85	5.04	5.23	5.84	6.04	6.20	5.73	5.98	6.21	6.86	7.10	7.32			
	150	3.57	3.77	3.97	4.62	4.82	5.01	5.59	5.79	5.96	5.48	5.73	5.96	6.58	6.83	7.05			
	200	3.41	3.61	3.81	4.45	4.62	4.82	5.37	5.57	5.74	5.26	5.51	5.74	6.33	6.58	6.80			
	250	4.88	5.12	5.33	6.26	6.46	6.63	7.44	7.63	7.79	7.31	7.58	7.81	8.62	8.88	9.10			
	300	4.55	4.80	5.01	5.87	6.07	6.25	7.01	7.21	7.38	6.89	7.16	7.40	8.17	8.43	8.66			
SERIE-8 7.00 a 8.00 m	350	4.28	4.53	4.74	5.54	5.75	5.94	6.65	6.85	7.03	6.52	6.80	7.04	7.78	8.04	8.28			
	400	4.05	4.30	4.51	5.26	5.47	5.66	6.34	6.55	6.73	6.22	6.49	6.74	7.44	7.70	7.94			
	150	3.86	4.10	4.31	5.02	5.23	5.42	6.07	6.28	6.46	5.95	6.22	6.46	7.14	7.40	7.64			
	200	3.69	3.93	4.14	4.81	5.02	5.21	5.83	6.04	6.22	5.71	5.98	6.22	6.87	7.14	7.38			
	250																		

Tabla 2: Viguetas, luces admisibles.

3) Recorrido horizontalmente de izquierda a derecha hasta encontrar el primer valor que sea mayor a 5,00m (luz libre), se obtiene 5,75m. Subir por la columna correspondiente a este valor para obtener el tamaño de la bovedilla y la capa de compresión: doble vigueta, bovedilla 17cm, capa 3cm.

**2.11.3. Momentos Flectores Admisibles:**

H Box	CAPA DE COMP.	ESPESOR DE LOSA	PESO PROPIO	CORTE TRANSVERSAL DE LA LOSA	SERIES	1	2	3	4	5	6	7	8
					LARGOS	1,00 ± 2,50	2,70 ± 3,80	3,90 ± 4,30	4,40 ± 4,60	4,80 ± 5,60	5,80 ± 6,00	6,20 ± 6,60	7,00 ± 8,00
cm	cm	cm	Kg/m <sup>2</sup>		ARMADO	2x200/25	1x200/25 2x200/25	1x200/25 2x200/25	1x200/25 2x200/25	2x200/25 2x200/25	2x200/25 2x200/25	2x200/25 2x200/25	2x200/25 2x200/25
9	3	12	183		MOMENTOS ADMISIBILES EN Kg/m POR METRO DE ANCHO	264	325	372	487	541	696	849	990
	4	13	205			319	378	439	560	628	811	987	1165
	5	14	227			364	435	510	657	733	940	1137	1341
13	3	16	211			485	570	671	871	959	1238	1500	1769
	4	17	233			540	655	750	971	1080	1400	1690	1996
	5	18	255			608	725	847	1092	1215	1562	1901	2225
17	3	20	247			749	894	1038	1337	1488	1922	2334	2746
	4	21	269			831	992	1152	1485	1652	2134	2591	3047
	5	22	291			912	1088	1265	1630	1813	2342	2843	3344
13	3	16	240			711	795	986	1271	1413	1826	2217	2607
	4	17	262			806	901	1118	1441	1603	2071	2514	2957
	5	18	284			904	1009	1252	1615	1796	2319	2816	3312
17	3	20	284		1100	1229	1526	1967	2187	2826	3431	4036	
	4	21	306		1226	1369	1699	2191	2436	3147	3821	4495	
	5	22	328		1349	1508	1872	2413	2684	3467	4209	4951	

Tabla 3: Viguetas, momentos flectores admisibles.

**2.11.4. Datos generales a tener en cuenta para seleccionar correctamente las viguetas.**

- 1)- Determinar el largo de la vigueta a calcular.
- 2)- Determinar la luz libre y la luz de cálculo (si apoya entre paredes, la luz de cálculo es igual a la luz libre más 10cm de cada lado, para losas apoyadas ente viguetas, la luz de cálculo es igual a la distancia entre ejes de vigas).
- 3)- Determinar la sobrecarga según el destino de la losa (ver tabla de sobrecargas).

**2.11.4.1. Ejemplo de cálculo**

Determinar la serie de viguetas, tipo de bovedilla y espesor de la capa de compresión para una losa de entrepiso destinada a un aula. La losa tiene una luz libre de 5.60m y está empotrada en ambos extremos. El largo de la vigueta será de 5.80m (10cm de empotramiento de cada lado).

Para lograr resultados requeridos, se pueden utilizar las tablas de luces admisibles o de momentos flectores admisibles.

**2.11.4.2 Utilizando la tabla de luces admisibles**

1)- Seleccione la serie de viguetas correspondiente al largo 5,80m (1° columna), correspondiente a la serie 6.

2)- Determinar la carga útil (p); p = carga permanente accesoria + sobrecarga de reglamento.

Carga permanente accesoria (piso parquet) = 50kg/m<sup>2</sup>

Sobre carga de reglamento para aula = 350kg/m<sup>2</sup>

Carga útil p= 50 + 350 = 400kg/m<sup>2</sup>,

3)- Recorrer horizontalmente de izquierda a derecha hasta encontrar el primer valor que sea mayor a 5,60m (luz libre), se obtiene 5,75m. Subir por la columna correspondiente a este valor para obtener el tamaño de la bovedilla y la capa de compresión: doble vigueta; bovedilla 17cm; capa 3cm.

↓	↓	bovedilla	bovedilla	bovedilla	bovedilla
serie	carga				→ bovedilla
↓					↑
	→		→		

Tabla 4: Viguetas, camino para elegir el tamaño de bovedilla.

**2.11.4.3 Utilizando las tablas de momentos admisibles**

1)- Seleccionar la serie de viguetas pretensadas correspondiente al largo 5,80m (1° columna), correspondiente a la serie 6.

2)- Determinar la carga útil (p) (kg/cm2); p= carga permanente accesoria + sobre carga de reglamento.

3)- suponer el peso propio de la losa (° columna). Por ejemplo si se usa doble vigueta con bovedilla 17cm y capa de 3cm; el peso propio es de 284kg/m2 este valor deberá ser ajustado luego de verificar el momento flector de la losa y el momento admisible.

4)- Calcular el momento flector con los datos anteriores.

$$M = \frac{q \times lc^2}{12}$$

$$q = g + p$$

g = valor supuesto del p.p.

p = carga útil (ejemplo anterior 400kg/m<sup>2</sup>)

$$q = 284 + 400 = 684 \text{ kg/m}^2$$

$$lc = 5.80 \text{ m}^2 \text{ (luz de cálculo)}$$

$$M = \frac{684 \times 5,80^2}{12} = 1917,48 \text{ kgm}$$

5)- Entrar en la tabla de momentos admisibles correspondientes a la serie 6 y la columna de doble vigueta correspondiente a la bovedilla 17cm con capa de compresión de 3cm, siguiendo horizontalmente o hasta encontrar el momento admisible de la serie 6: doble vigueta, bovedilla 17cm, capa 3cm = 2826kg/m2 M adm > M flector = solución correcta

Si M adm < M flector, la solución pasa por elegir una bovedilla de mayor altura ó > capa de compresión, recalculando el valor de “q” con los pesos propios correspondientes a casa caso.

altura Bov.	Capa Comp.	Esp.	Peso propio	Losa (esquema)	serie	serie	serie
						↓	
		→					

Tabla 5: Viguetas, camino para elegir la serie de vigueta.

**2.12. Viguetas, Recomendaciones Técnicas**

**2.12.1. Modo de acopio de viguetas**

Las viguetas se deben manipular y acoplar en posición de “T” invertida colocando elementos separadores cerca de los extremos e intermedios que no disten más de 2cm aproximadamente entre sí. La superficie de apoyo debe ser plana y los listones colocarse en coincidencia vertical.

**2.12.2. Armadura de distribución**

Se utilizan barras Ø 8mm cada 0.30m en la dirección transversal de las viguetas y Ø 8mm cada 0.60m en dirección paralela a las viguetas.

**2.12.3. Viguetas que se apoyan sobre una viga a vaciar**

Las viguetas deberán empotrarse como mínimo 5cm dentro de la viga principal. Si la luz de la viga principal sobrepasa los 5m conviene adicionar armadura en caballete sobre cada vigueta sólo a efectos de evitar las fisuras en los apoyos de las mismas.

**2.12.4. Viguetas que se apoyan sobre una viga o muro existente**

Las viguetas se colocan simplemente apoyadas. Lo único a tener en cuenta es que precisamente ese apoyo deberá ser como mínimo de 10cm de cada lado, de esta forma se garantiza el esquema de una viga simplemente apoyada y cuyo momento flector máximo se produce en el centro de la misma. Es este el caso que pone de manifiesto la simplicidad de ejecución de las losas construidas con este sistema.

**2.12.5. Voladizos**

Las viguetas fueron diseñadas para trabajar simplemente apoyadas (isostáticamente), por lo tanto cuando se las dispone en voladizos se deberán reforzar con hierros adicionales que deberán calcularse de acuerdo a los momentos flectores solicitantes. La armadura de refuerzo adicional deberá empotrarse siempre en aproximadamente 1.5 veces de longitud del voladizo.

**2.12.6. Diafragma o Riostras transversales**

Estos son elementos usados tradicionalmente en toda construcción para rigidizar las losas y simplemente se consiguen interrumpiendo la colocación de las bovedillas por un espacio de 10cm en concordancia con la solera antes del llenado. Ese nervio transversal a las viguetas es la seguridad contra posibles vibraciones que debemos evitar en toda losa. Hasta los 4m no es necesario el vaciado de estos diafragmas que más bien son aconsejados en losas de luces mayores.

### 2.12.7. Tabique transversal a las viguetas

En estos casos se podría tomar el muro como una carga puntual. Desde el punto de vista del momento flector es un caso muy simple: se calcula el momento flector solicitado y se elige una vigueta de mayor serie. La solución práctica sería el vaciado de un nervio en coincidencia con este muro.

### 2.12.8. Viguetas paralelas a una viga

Cuando las viguetas se coloquen paralelas a la dirección e, una viga principal se puede colocar en el encofrado una madera adicional, lo cual es una práctica usual en toda obra. Luego se colocan las bovedillas como inicio del forjado y al vaciar en conjunto la unión será monolítica siendo el funcionamiento monolítico en esa zona. Si las vigas principales ya se encuentran vaciadas, entonces debe colocarse la primer bovedilla apoyando directamente sobre la viga.

### 2.12.9. Viguetas empotradas en viga invertida o en viga plana

Se deben despuntar las viguetas entre 25 y 40cm según la luz y carga que recibirán las mismas. Asimismo, hay que ser cuidadosos en la posición de los aceros despuntados que debe ser hacia arriba y abriéndose como un cono a partir de la vigueta misma.

No se deben perforar, ni picar las viguetas en ningún caso.

### 2.12.10. Apuntalamiento

Es importante realizar un buen apuntalamiento por cuanto las viguetas sólo deberán realizar su trabajo estructural solidariamente con la capa de compresión una vez hormigonada ésta y cuando hubiere obtenido la resistencia necesaria.

Se deberán colocar tirantes cada 1,50 m. entre sí, dando una contra flecha de 2 mm. Por metro de luz. Nunca se deben utilizar ladrillos ni bloques como bases de puntales. Si los puntales son de madera deben tener una sección de 3" x 3".

En caso de losas de luces pequeñas, mayor a 1 m. y menor de 3 m. (pasillos, galerías, etc.) se deberá colocar al menos una línea de apuntalamiento. Si los puntales apoyan directamente sobre el terreno, se evitará el hundimiento de los mismos colocando debajo tablas de repartición.

Antes de hormigonar habrá que verificar el correcto estado del apuntalamiento.

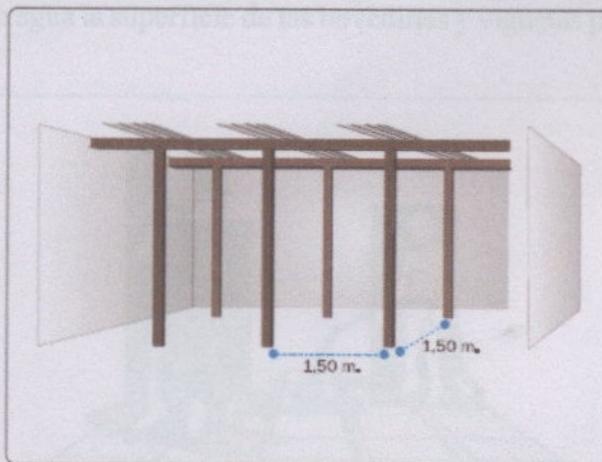


Figura 13: Viguetas, medidas apuntalamiento.

### 2.12.11. Colocación de viguetas y bovedillas

Las viguetas deberán estar apoyadas como mínimo 10 cm. En muros de mampostería y 8 cm. En tabiques y vigas.

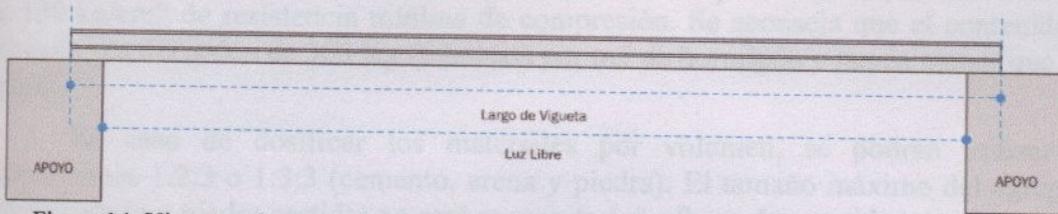


Figura 14: Viguetas, forma en los apoyos.

La separación entre viguetas se fijará colocando una bovedilla entre los extremos de las dos viguetas consecutivas, procediendo luego a colocar las bovedillas internas. Se pondrán tablonces para el tránsito de operarios.

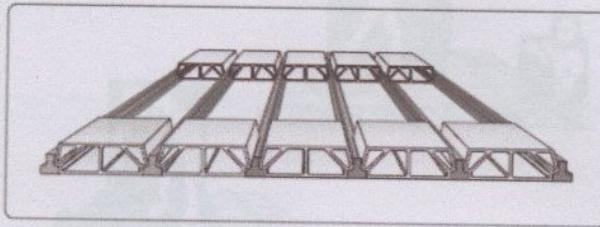


Figura 15: Viguetas, separación de bovedillas.

### 2.12.12. Limpieza y Mojado

Una vez colocadas todas las bovedillas, se procederá a limpiar la superficie del techo a los fines de eliminar todos los rastros de tierra, cal u otras sustancias que podrían impedir una buena adherencia de la capa de compresión.

Se aconseja colocar una armadura transversal de repartición con hierros  $\varnothing 4,2$  cada 20 cm. Para losas hasta 6 m. y  $\varnothing 6$  cada 20cm. Para losas de más de 6 m. de luz.

Esta armadura sirve además para absorber los esfuerzos originados por dilataciones. Antes de proceder al hormigonado de la capa de compresión, se deberá mojar con abundante agua la superficie de las bovedillas y viguetas para lograr una óptima adherencia.

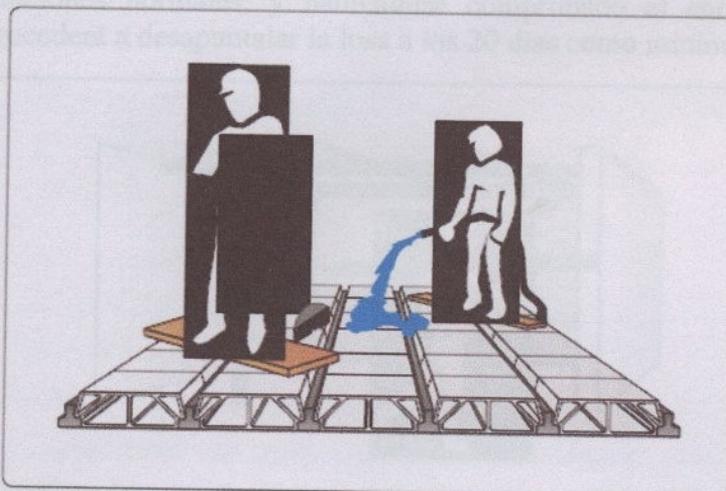


Figura 16: Viguetas, método de limpieza.

### 2.12.13. Hormigonado

La capa de compresión podrá ser de 4 o 5 cm. De espesor. Se utilizará un hormigón de 130 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia mínima de compresión. Se aconseja que el contenido de cemento sea del orden de 300 Kg (6 bolsas) por m<sup>3</sup> de hormigón y nunca menor que 270 kg/m<sup>3</sup>.

En caso de dosificar los materiales por volumen, se podrán utilizar las proporciones 1:2:3 o 1:3:3 (cemento, arena y piedra). El tamaño máximo del agregado (canto rodado o piedra partida) no será mayor de 1,5 a 2 cm. La cantidad de agua para la preparación del hormigón será solo la necesaria para lograr una buena trabajabilidad, permitiendo el perfecto llenado de todos los intersticios entre viguetas y bovedillas.

La compactación del hormigón se podrá realizar en forma manual o por vibración.

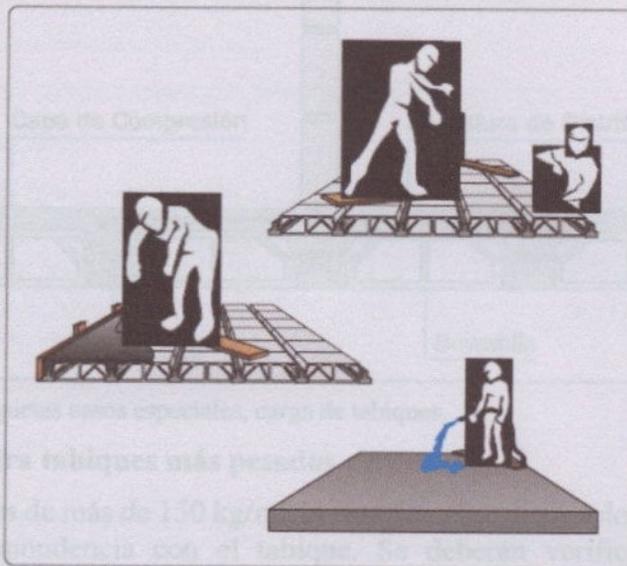


Figura 17: Viguetas, método de hormigonado.

### 2.12.14. Curado y desapuntalado

Después de hormigonada la capa de compresión, se deberá proteger la losa de la acción directa del sol, manteniéndola húmeda por lo menos durante los primeros 7 días para lograr un buen curado.

En condiciones normales, y habiéndose comprobado el endurecimiento del hormigón, se procederá a desapuntalar la losa a los 20 días como mínimo.

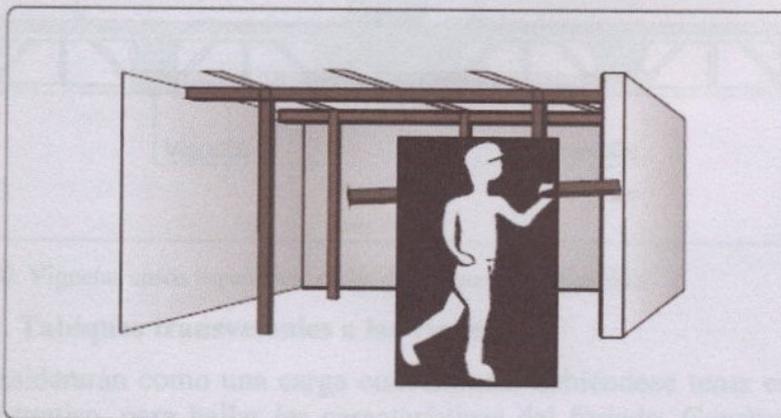


Figura 18: Viguetas, método de desapuntalado.

## 2.13. Casos Especiales - Solución

### 2.13.1. Carga de Tabiques

En el caso de entrepisos, deberán tenerse en cuenta las cargas de tabiques debido a que pueden llegar a constituir cargas importantes. Se considerarán dos casos:

#### 2.13.1.1. Tabiques paralelos a las viguetas.

Para tabiques livianos paralelos a las viguetas (hasta  $150 \text{ kg/m}^2$ ). La carga puede ser tomada por una vigueta, reforzando la zona de apoyo con armaduras que contribuyan a la distribución de la carga.

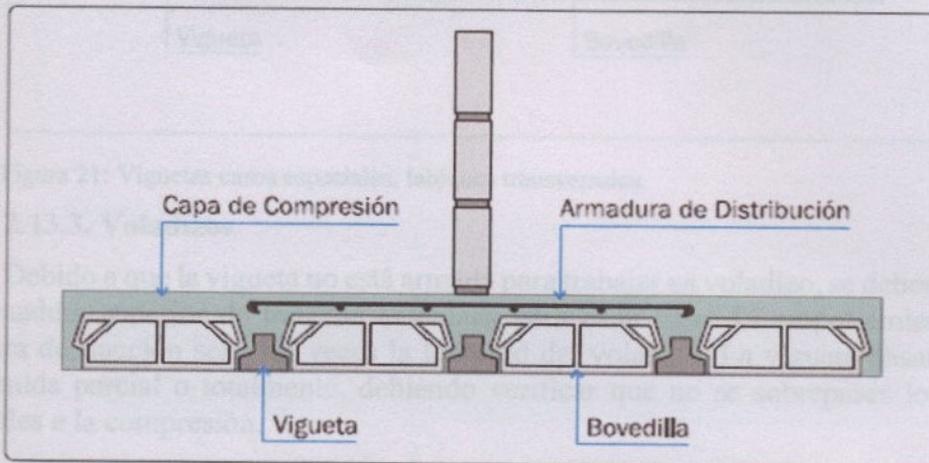


Figura 19: Viguetas casos especiales, carga de tabiques.

#### 2.13.1.2. Para tabiques más pesados

Para tabiques de más de  $150 \text{ kg/m}^2$  la carga se absorberá colocando 2 o 3 viguetas juntas y en correspondencia con el tabique. Se deberán verificar las tensiones de compresión en el hormigón, para el ancho de la colaboración y las de tracción en las viguetas que se encuentran debajo del tabique.

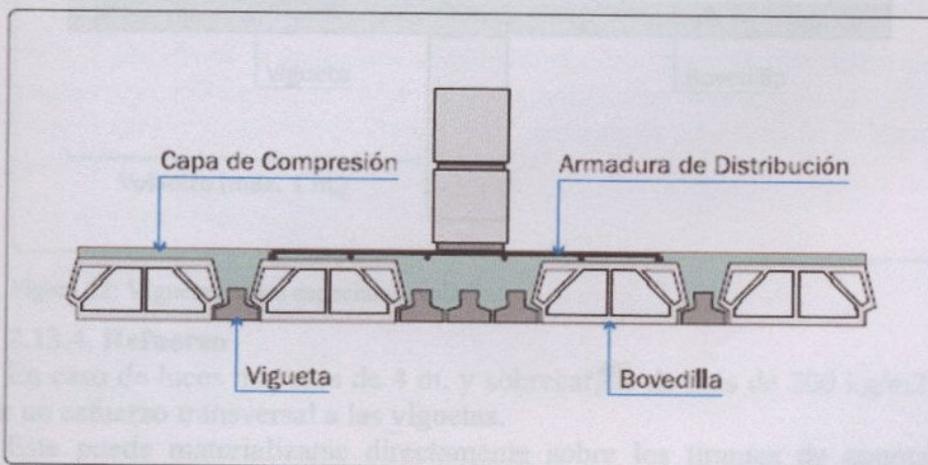


Figura 20: Viguetas casos especiales, carga de tabiques más pesados.

#### 2.13.2. Tabiques transversales a las viguetas.

Se considerarán como una carga concentrada, debiéndose tener en cuenta en el cálculo del entrepiso, para hallar las características del forjado. Constructivamente se

colocará una armadura transversal de distribución, que podrá ir directamente en la capa de compresión, o bien poniendo en la dirección considerada, bovedillas de menor altura.

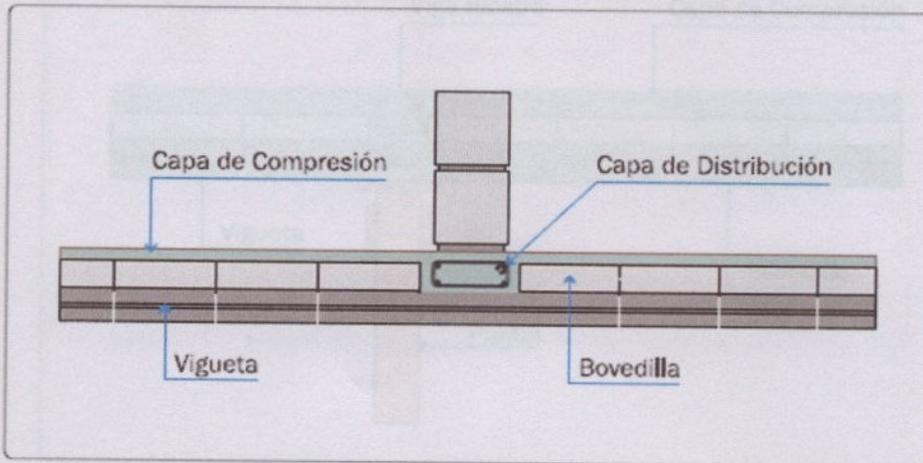


Figura 21: Viguetas casos especiales, tabiques transversales.

### 2.13.3. Voladizos

Debido a que la vigueta no está armada para trabajar en voladizo, se deberá colocar una armadura superior de tracción calculada para cada caso. El empotramiento de la armadura de tracción será 1,5 veces la longitud del voladizo. La vigueta pasará a estar comprimida parcial o totalmente, debiendo verificar que no se sobrepases los valores admisibles a la compresión.

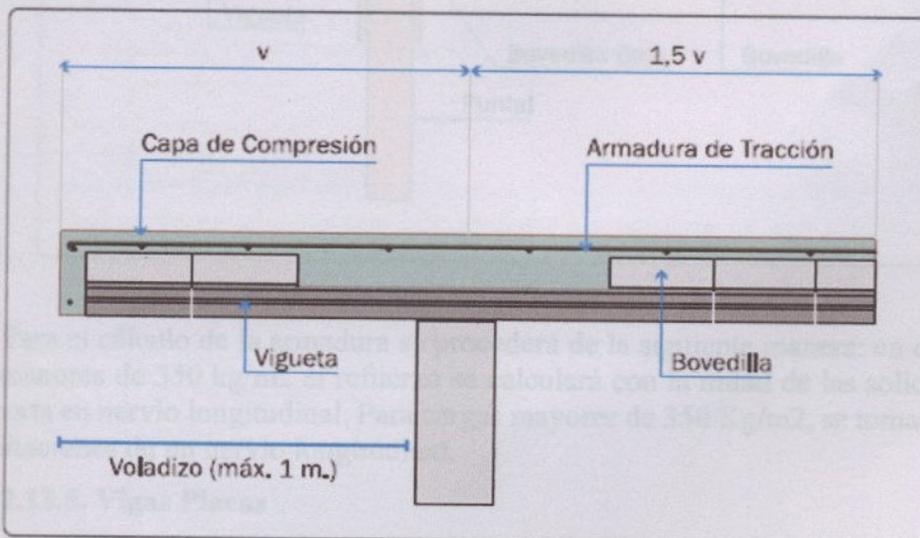


Figura 22: Viguetas casos especiales, voladizos.

### 2.13.4. Refuerzo

En caso de luces mayores de 4 m. y sobrecargas de más de 200 kg/m<sup>2</sup> se puede ejecutar un esfuerzo transversal a las viguetas.

Este puede materializarse directamente sobre los tirantes de apuntalamiento, dejando una separación entre 2 bloques contiguos igual al ancho del tirante (figura a) o bien usando bovedillas de menor altura (figura b).

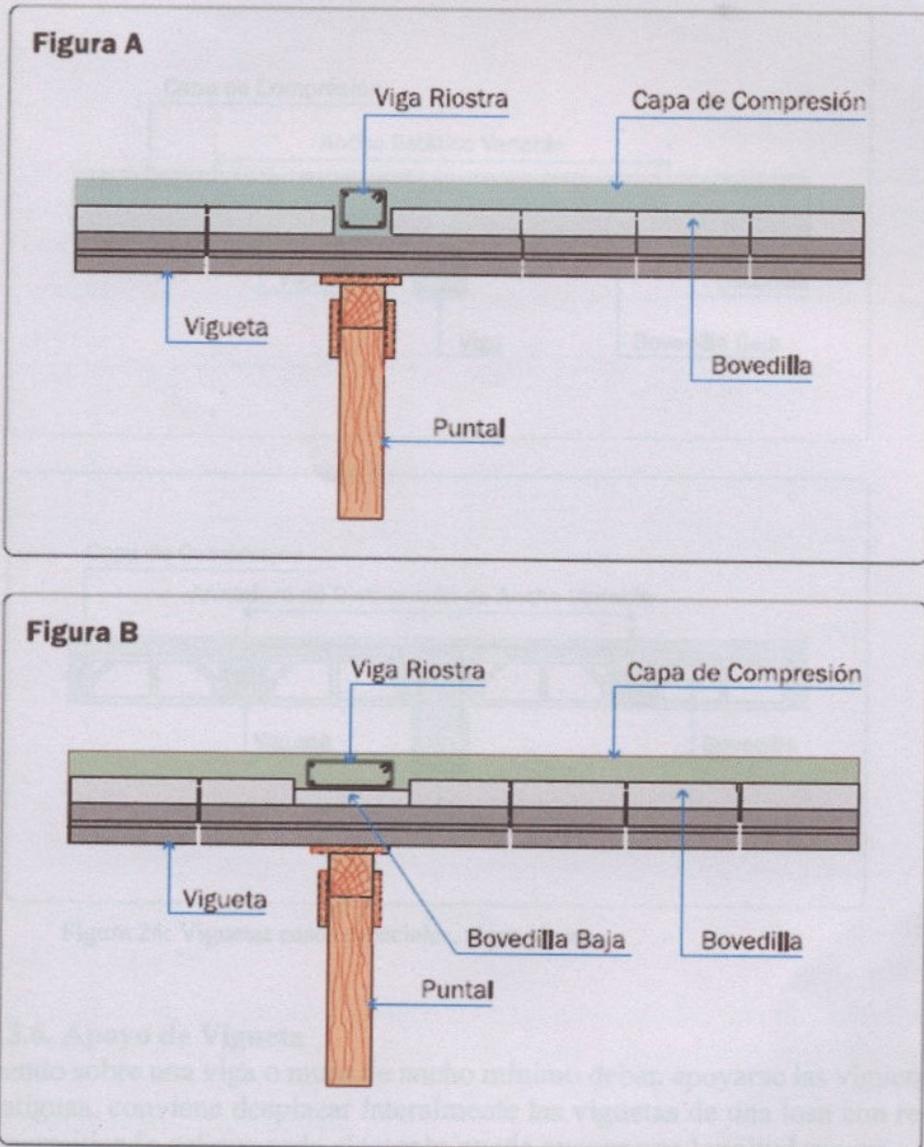


Figura 23: Viguetas casos especiales, refuerzo.

Para el cálculo de la armadura se procederá de la siguiente manera: en el caso de cargas menores de 350 kg/m<sup>2</sup> el refuerzo se calculará con la mitad de las solicitaciones que soporta en nervio longitudinal. Para cargas mayores de 350 Kg/m<sup>2</sup>, se tomará el total de solicitaciones de un nervio longitudinal.

### 2.13.5. Vigas Placas

La materialización de las alas de las vigas placa puede hacerse usando bloques de menor altura, ya sea la viga paralela o transversal a las viguetas.

En el caso de las viguetas deben colocarse transversalmente a la viga, se deberá tener en cuidado al disponer los estribos de la misma para evitar la interferencia con las viguetas.

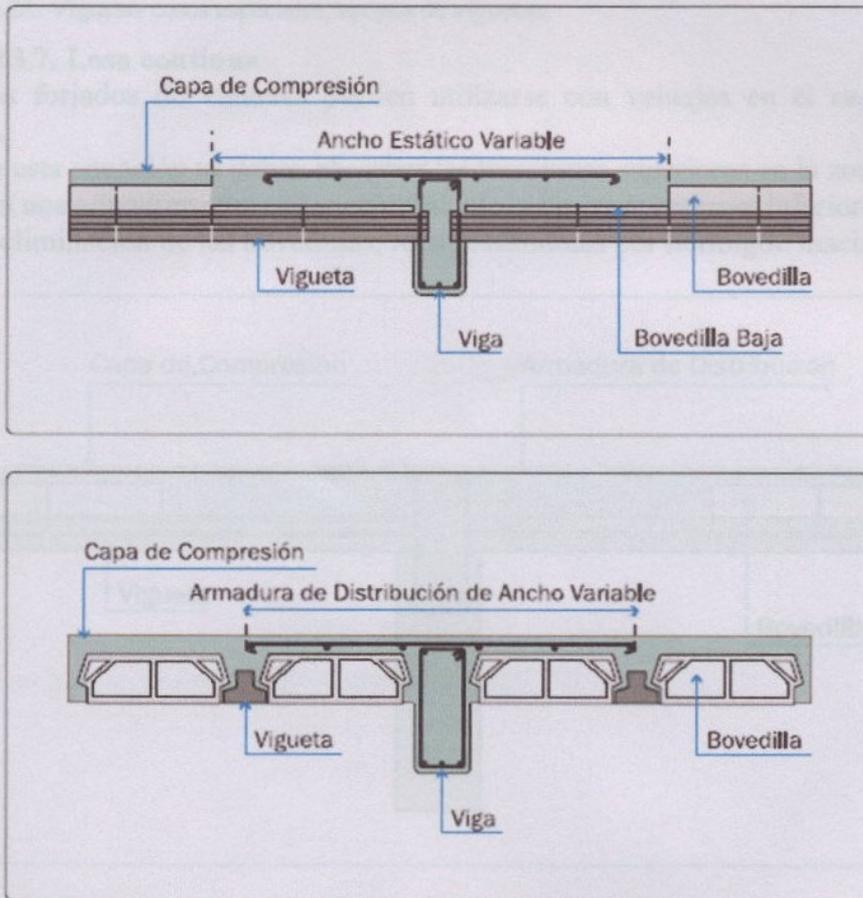


Figura 24: Viguetas casos especiales, vigas placas.

### 2.13.6. Apoyo de Vigueta

Cuando sobre una viga o muro de ancho mínimo deban apoyarse las viguetas para 2 losas contiguas, conviene desplazar lateralmente las viguetas de una losa con respecto de la otra, permitiendo así que cada elemento pueda apoyar una longitud mayor.

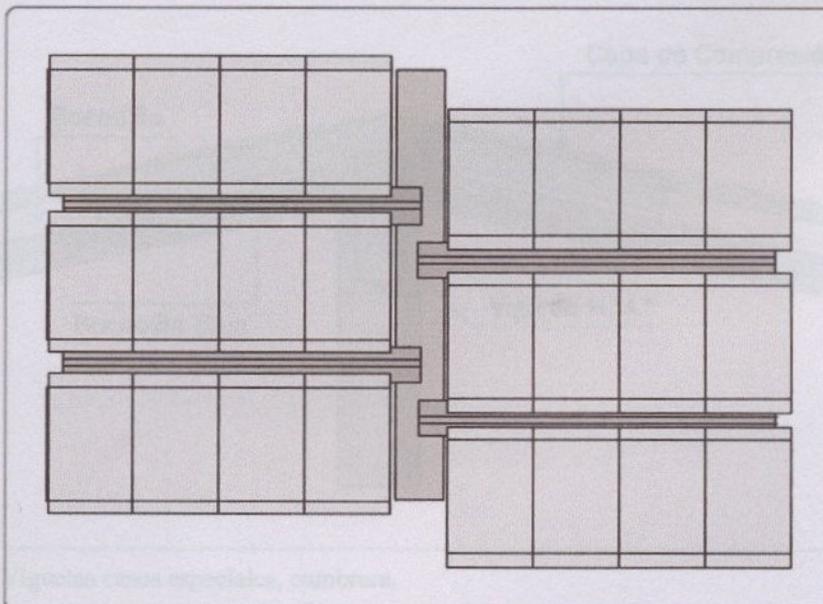


Figura 25: Viguetas casos especiales, apoyos de viguetas.

**2.13.7. Losa continua**

Los forjados de viguetas pueden utilizarse con ventajas en el caso de losas continuas.

En esta situación se deben absorber las tracciones superiores en la zona de apoyo con una armadura adecuada según cálculo, y las compresiones inferiores mediante la eliminación de las bovedillas, reemplazándolas por hormigón macizo.

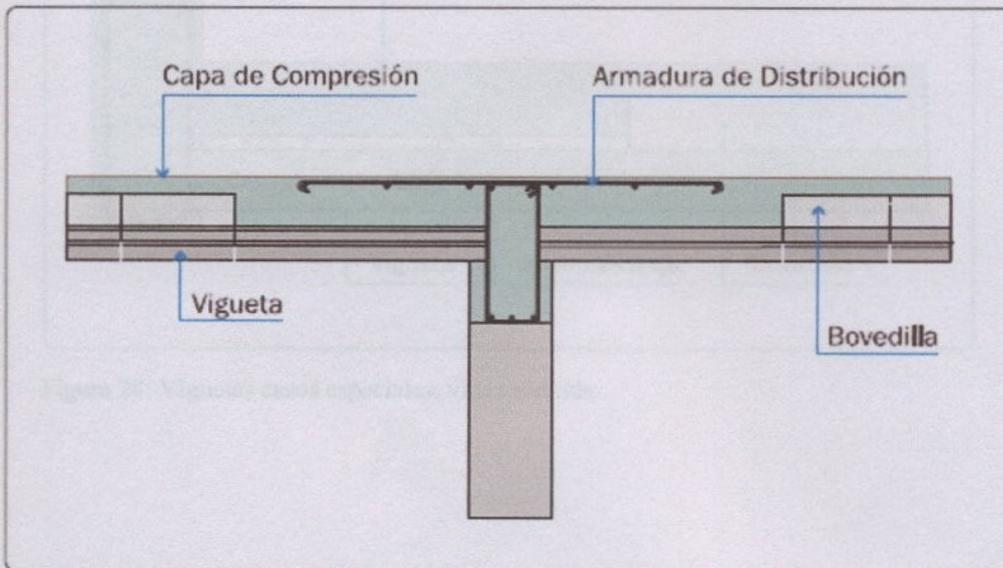


Figura 26: Viguetas casos especiales, losas continuas.

**2.13.8. Cumbre**

Siempre que sea necesario hormigonar conjuntamente la capa de compresión de la losa con la viga donde se apoyará la misma, habrá que colocar los estribos distanciados 16,6; 12,5 cm. O una medida submúltiplo de la separación entre viguetas, para evitar la coincidencia entre éstas y los estribos.

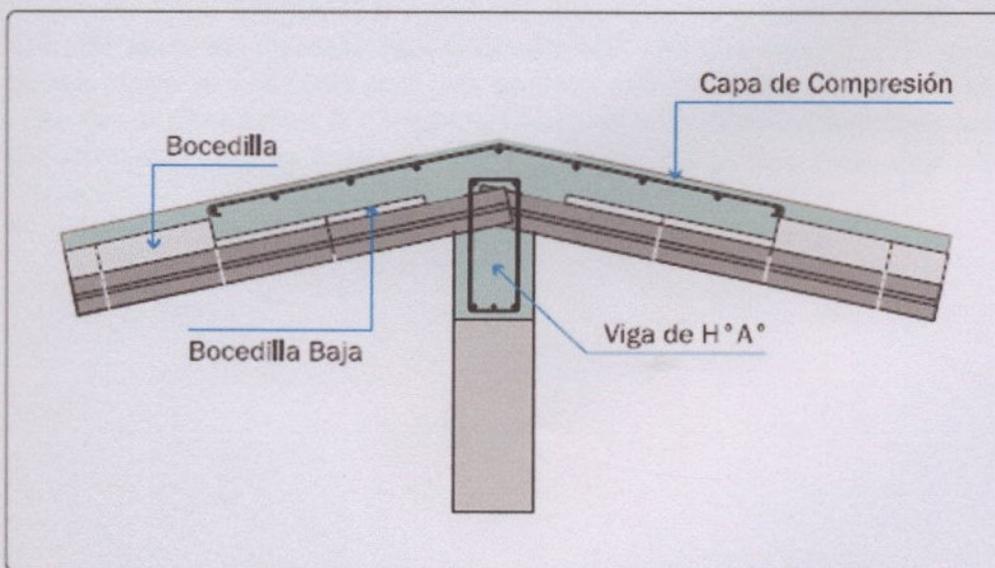


Figura 27: Viguetas casos especiales, cumbre.

### 2.13.9. Viga Invertida

Detalle de colocación de viga de manera invertida.

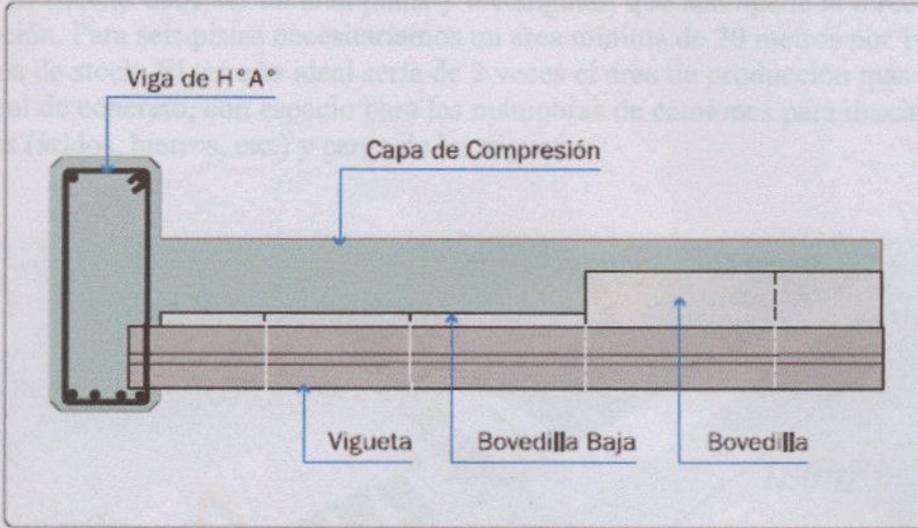


Figura 28: Viguetas casos especiales, viga invertida.

### 3. ¿Qué se necesita para Fabricarlas?

#### 3.1. Terreno:

El terreno debe ser un área plana y rectangular, que acompañe la dirección de la producción. Para seis pistas necesitaríamos un área mínima de 20 metros por 180 metros más área de stock. El terreno ideal sería de 2 veces el área de producción más el área de la central de concreto, con espacio para las maniobras de camiones para descarga de los insumos (áridos, hierros, etc.) y carga de las viguetas.

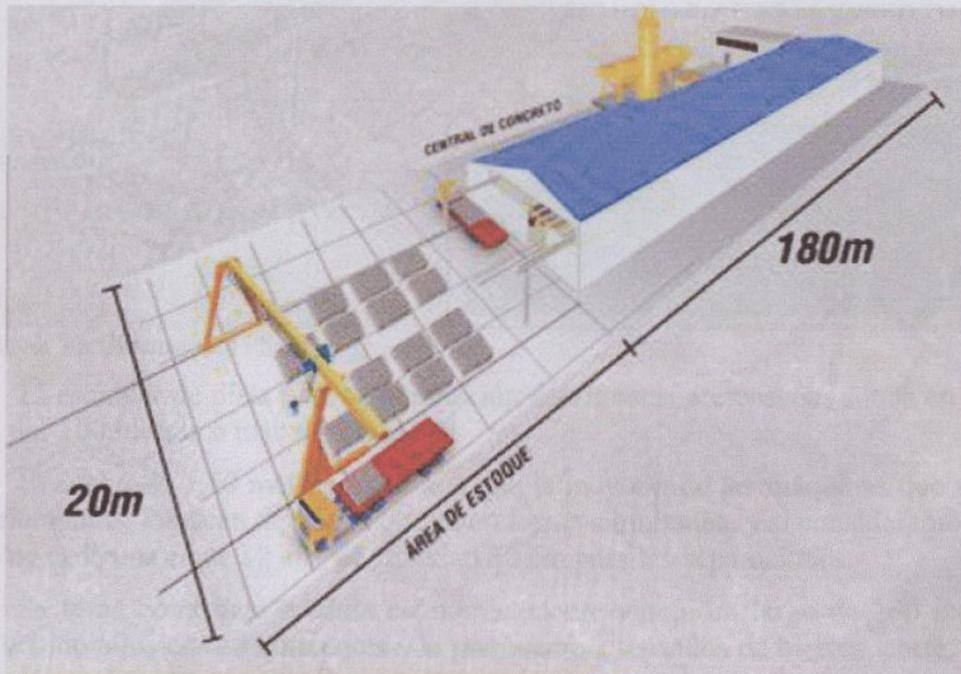


Figura 29: Dimensiones Terreno.

#### 3.2. Pistas:

Se recomienda pistas entre 100 a 200 metros de largo, con una leve inclinación para el escurrimiento de agua de limpieza. El número de las mismas será el que permita la producción necesaria para satisfacer la demanda de venta, en función al tiempo de cura o para corte (entre 30 a 48 horas para cura natural y entre 8 a 10 horas para cura térmica). Las pistas son de monolíticas de concreto pulido, compuesta de dos bloques de fundación para las cabeceras y la losa de compresión, que juntas soportan la carga de compresión del pretensado.

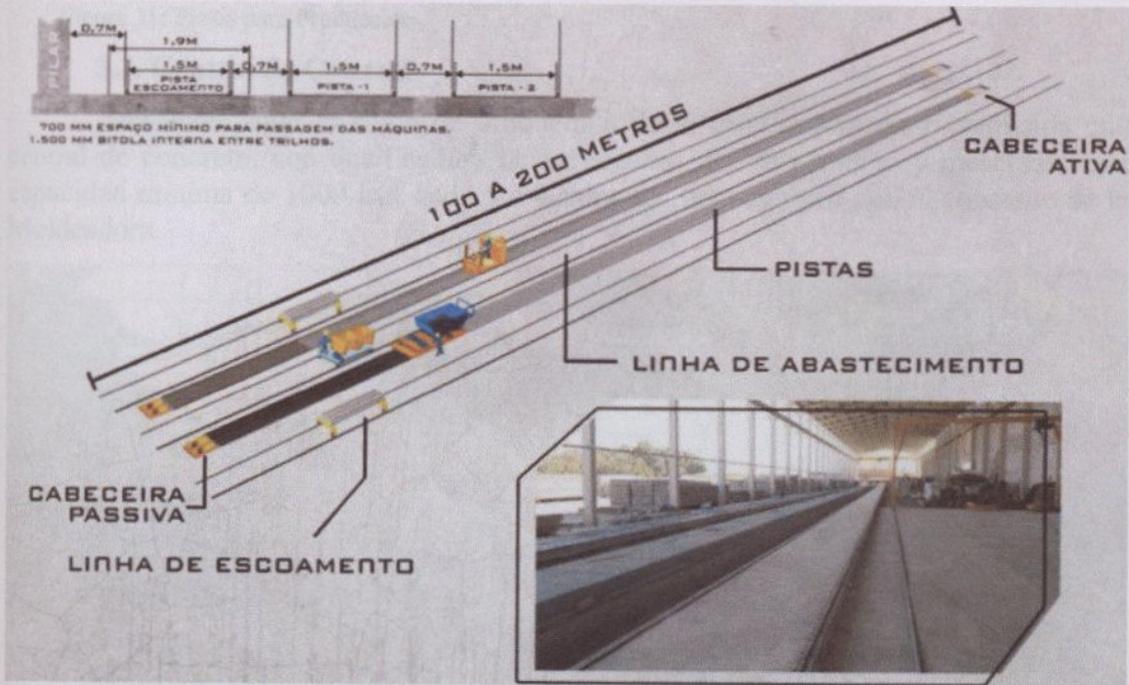


Figura 30: Dimensiones Pistas.

El estándar de pista para la fabricación de viguetas pretensadas ronda en 1,50 de ancho por 100 metros o más de largo.

El ancho de 1,50 metros se debe a que la mayoría de las máquinas que fabrican éstos elementos, lo hacen de a 12 viguetas en forma simultánea, y si consideramos que el ancho de cada una es de 12 cm, nos quedan 30 cm para las separaciones.

Se toma como una medida económicamente viable un largo de 100 metros (o más), debido a los costos inherentes a la preparación, tensados de hierros, corte, curado, etc.

Generalmente las pistas son de hormigón llaneado, para darle buena terminación a las viguetas. Es la opción más económica, tiene la desventaja de que con el tiempo se desgasta y hay que realizar mantenimiento a la superficie

Como opcional se pueden revestir las pistas con una lámina de acero, lo cual le confiere un mejor acabado y mayor durabilidad. Una desventaja obvia es su mayor costo.



Figura 31: Pistas para Producción.

### 3.3. Central de Concreto

Para acompañar el ritmo de producción de la Moldeadora, se recomienda una central de concreto, con dosificadora de agregados, silo de cemento y mezclador con capacidad mínima de 1000 Lts. cada 3 o 4 minutos, para cumplir con el consumo de la Moldeadora.



Figura 32: Central de Concreto.

La Central de concreto debe garantizar agilidad, practicidad, alto desempeño e igualdad en la calidad en todo el proceso productivo con la máxima eficiencia.

### 3.4. Galpón

El Galpón debe tener un tamaño suficiente para contener todo el sector productivo (pistas), el sector de bobinas (hierros) y el sector de almacenaje de maquinarias necesarias para todo el proceso de fabricación.

Debe estar preparado para soportar la instalación de un puente grúa de mínimo 10 toneladas y tener accesos suficientes para el ingreso de insumos con el egreso de las viguetas fabricadas.



Figura 33: Galpón Producción.

### 3.5. Posibilidad de Realización – Proveedor

En nuestro estudio de una situación real, necesitamos elegir un proveedor que construya todos los elementos necesarios para la fabricación de las viguetas. De este proveedor también vamos a necesitar valorizar sus productos, para poder realizar el estudio de factibilidad económica.

#### **Elección: WCH – Weiler-C.Holzberger Indl. Ltda**

Ubicada en Rio Claro/SP desde 1977, la Weiler tiene una estructura completa para atender a las empresas en los mercados nacionales e internacionales. La WCH desarrolla sistemas especiales para sus clientes, produce varios equipos que aseguran soluciones completas para la producción de prefabricados de hormigón armado o pretensado.

En su gama de actividades, la WCH fabrica equipos y desarrolla sistemas para la producción de prefabricados de hormigón, tales como Moldeadoras, Extruder, Centrales de Hormigón, Pretensado/Destensado, Moldes Metálicos, entre otros. Para atender el mercado en el 2005 se fabricó la primera Central de Hormigón, desde entonces la WCH ha desarrollado una línea completa en este segmento, con Mezcladores van de 750 hasta 2250 litros, Dosificadoras de 02 a 06 agregados, Silos de Almacenamiento, Sistema de Automatización, etc...

Atendiendo otros segmentos desde el 1993, la WCH es uno de los principales proveedores en Brasil con una línea completa de equipos para la producción de durmientes pretensados y ahora está implantando fábricas en Argentina. En el 2007, fue lanzado el Sistema de Moldes Flex, que tiene como características definitorias la estandarización y flexibilidad, para suprimir de una vez por todas el desperdicio de tiempo de material y mano de obra, lo que facilita la producción de los más diversos elementos de prefabricados en el mismo molde, tales como: vigas I, vigas canalones, rectangulares, paneles alveolares y de cerramiento.

En el año de 2012 se ha creado un equipo para la producción y atendimento del sector de Grúas, Pórticos y Polipastos, centrándose en atender los diversos sectores, tales como la fábrica de prefabricados, postes, tuberías, marmolerías, entre otros.

## Resumen de Maquinarias Valorizadas - Presupuesto:

Item	Ctd.	Un.	Descripción	US\$ / unidad	US\$ x Ctd.
<b>1</b>			<b>MOLDEADORA WCH = Silo + Moldeadora:</b>		
1.1	1	Un.	Unidad Universal (SILO) de alimentación	77.812,00	77.812,00
1.2.1	180	m	Cable WM súper flexible 4x35mm	72,72	13.089,60
1.2.2	1	Un.	Anillo adaptador para el silo 1000L	1.685,00	1.685,00
1.3	1	Un.	Moldeadora para la producción de 12 Viguetas.	110.599,00	110.599,00
1.3.1	2	Par	Dispositivo para viguetas	1.468,00	2.936,00
<b>2</b>			<b>Cortadora de hormigón</b>		
2	1	Un.	Cortadora de hormigón, modelo MCSA	111.292,00	111.292,00
2.1	180	m	Cable WM súper flexible 4x35mm	72,72	13.089,60
2.2	2	Un.	Hoja de sierra Ø 600mm	1.081,00	2.162,00
<b>3</b>			<b>Conjunto de Cabezales</b>		
3	2	Un.	Conjunto de Cabezales 300 t.f./45tfxm	10.165,00	20.330,00
3.1	2	Jg	Apoyos de destensado tipo maletín 150Ton/150mm	559,00	1.118,00
<b>4</b>			<b>Carro Transportador de Cubetas</b>		
4	2	Un.	Cubetas 1500L, modelo Balde	4.975,00	9.950,00
4.1	1	Un.	Carro Transportador de Cubetas recto	28.866,00	28.866,00
<b>5</b>			<b>Garra doble p/ Elevación</b>		
5	1	Par	Garra doble p/ Elevación de 12 Viguetas T=3 a 8m de vano	9.936,00	9.936,00
5.1	1	Par	Garra Simples p/ Eleva. de 12 Viguetas T=3 a 12m de vano	7.756,00	7.756,00
5.2	1	Un.	Balancín 8m, capacidad de 5 toneladas	4.435,00	4.435,00
<b>6</b>			<b>Equipos para pretensado:</b>		
6	1	Un.	Unidad motriz - Pretensado UM-215	13.479,00	13.479,00
6.1	1	Un.	Tensor para pretensado MAP03T/210/400MM	7.422,00	7.422,00
6.2	1	Un.	Prolongador MAP03T	303,00	303,00
6.3	202	Un.	Cuñas Ø 4 mm tipo 16 Cód. EP62002100	4,06	820,12
6.3	101	Un.	Barriles abiertas tipo 16 WA-24	3,37	340,37
6.3	101	Un.	Barriles cerradas tipo 16 WF-24	29,73	3.002,73
<b>7</b>			<b>Equipos para Destensado:</b>		
7.1	1	Un.	Unidad hidráulica DP-703T-2C	11.054,00	11.054,00
7.2	1	Par	Cilindros de destensado 150ton/150mm	5.785,00	5.785,00
<b>8</b>			<b>Estación Desbobinadora</b>		
8	1	Un.	Estación Desbobinadora Gaveta Móvil - EDRF-GM4	21.013,00	21.013,00
		Un.	Pórtico o Ponte Grúa	sub consulta	85.000,00
		Un.	Central Hormigonera - capacidad 20m <sup>3</sup> / hora	sub consulta	150.000,00
<b>TOTAL GENERAL:</b>				<b>USD 713.275,42</b>	

Tabla 6: Presupuesto Máquinas Necesarias.

### 3.5.1. Máquina Moldeadora Universal

Máquina Moldeadora Universal Compact, (accionada por las 4 ruedas, 2-partes), para la producción de elementos pretensados. Con la substitución total o parcial de la moldeadora es posible la producción de diferentes perfiles como placas huecos, vigas-T o vigas doble-T, etc.

La máquina dispone de dos partes:

- Unidad de Alimentación Universal,
- Moldeadora de Complementación.



Figura 34: Máquina Moldeadora.

#### 3.5.1.1. Item 1.1: Unidad de Alimentación Universal

Unidad de Alimentación Universal Compact 2 partes, es la parte de arriba de la máquina moldeadora, que hace la alimentación automática del hormigón de la Moldeadora de Complementación.

La Unidad de Alimentación sobrepone la Moldeadora de Complementación, y la conexión de las dos partes es a través de enchufes / tomas para la parte eléctrica, enchufes rápidos (PUSH-PULL) para el sistema hidráulico y mecánicamente con pinos auto frenantes, sistema "Fast Link".

La Unidad de Alimentación Universal Compact, puede ser utilizada con moldeadoras de complementación diferentes y está equipada con:

- Silo de hormigón doble, capacidad de 2500 L, con abertura electromecánica, regulable infinitamente y un compartimiento de alimentación directa con abertura hidráulica,
- Grupo hidráulico con bomba y bloc central de válvulas,
- Reservatorio de agua, volumen cerca de 150 L, con 2 mangueras de conexión para el sistema de dosificación de agua,
- Armario eléctrico de distribución con las llaves, unidades de mando y de regulación necesarias.
- Pieza Tambor de Cable, accionado por motor eléctrico que mantiene en tensión automáticamente el cable de alimentación de corriente. Con sistema de freno para evitar que el cable desenrolle cuando la Máquina Moldeadora está siendo cambiada de pista.
- Suministrada sin cable eléctrico y aceite hidráulico.

- Dimensiones aproximadas:

- Longitud: 5500 mm
- Entre Ejes 1500 mm
- Ancho 1600 mm
- Altura 1 mm
- Peso 3000 kg

### 3.5.1.2. Item 1.2: Opcionales para la Moldeadora

Cable WM Súper Flexible (uso móvil) 4x35mm<sup>2</sup> – Aislamiento 600-750 Volts, para alimentación eléctrica en 380V, considerando pista de 150 m y 30 m de holgura. Anillo Adaptador para el silo (tolva), capacidad adicional de 1500L.

### 3.5.1.3. Item 1.3: Moldeadora de Complementación

Moldeadora de Complementación Compact, con dos alimentaciones, para la producción simultánea de 12 viguetas pretensadas, con altura hasta 180mm y ancho de la base de 100mm, o de acuerdo con sus necesidades.



Figura 35: Moldeadora de Complementación.

El proceso de moldaje se divide en dos estadios de distribución y vibración:

- El vertido inicial es efectuada por una cubeta de transporte fija, seguido de un conjunto vibratorio delantero equipado con dos moto-vibradores WCH V-325C para la compactación de las bases de las viguetas,
- La Segunda alimentación es efectuada por una cubeta de transporte móvil, accionada por motor hidráulico acoplado a un reductor, y seguida de un conjunto vibratorio trasero equipado con dos moto-vibradores WCH V-625C de alta frecuencia, para la compactación de las almas de las viguetas.

La Moldeadora Complementar Compact es equipada con:

- Accionamiento hidráulico por las 4 ruedas, siendo la velocidad de producción infinitamente regulable até 3,0m/min y contramarcha con 12m/min.
- Dos estadios de distribución, siendo el primero estadio con cubeta transportadora (tolva) fija y compactador mecánico, el segundo estadio con cubeta (tolva) móvil, accionada hidráulicamente.

- Dos conjuntos de compactación, con dos moto-vibradores de alta frecuencia, modelo V625C y dos de frecuencia normal, modelo V325C para la compactación de las vigas.
- Sistema doble de distribución de agua para humedecer superficialmente el hormigón.
- Guiado de alambre para mantener los alambres tensores en la posición exacta
- Conjunto de Moto-vibradores adicionales, siendo un V625C y un V 325C.
- Molde con juego de chapas internas, juego de chapas laterales e barras de fijación. El molde es accionado hidráulicamente en movimiento va-y-ven, con velocidad regulable libremente para la producción de 12 vigas pretensadas.
- Medidas Aproximadas
  - Longitud: 5000 mm
  - Ancho útil 1310 mm
  - Entre Carriles 1500 mm
  - Largo 1600 mm
  - Altura 1000 mm
  - Peso 4500 kg

#### 3.5.1.3.1. Item 1.3.1: Par de Dispositivos 12-T

Par de Dispositivos 12-T para colocar en la extremidad de la pista, que mantiene los aceros en la posición de proyecto. Es necesario un par para cada pista.



Figura 36: Orientador de Aceros.

#### 3.5.2. Item 2: Cortadora de Hormigón WCH

Cortadora de Hormigón WCH, modelo MCSA, para cortar Viguetas, en la pista de producción.

Los accionamientos de la Cortadora se ejecutan a través de los botones de mando, montados en botonera pendiente.

El desplazamiento de la máquina en la pista es ejecutada por tracción hidráulica en las ruedas, accionado con motor hidráulico a través del botón selector de mando, pudiendo ser la velocidad reglada por la válvula de regulación de caudal.



Figura 37: Cortadora de Viguetas.

El dispositivo que acopla la hoja de sierra, es accionado a través del botón selector de mando para el corte semi-automático o manual. En la función semi-automática, el ciclo de corte se ejecuta en una única operación (bajar, cortar, elevar y volver), al presionar el botón de mando. En la función manual, las operaciones son ejecutadas por los botones independientes.

En las dos funciones el movimiento de bajar la hoja de sierra, puede ser regulado por la válvula de regulación de caudal.

La cortadora se prevé para uso de la hoja de sierra con el diámetro máximo 1200mm, y sale de la planta con dispositivo para fijación de la hoja de sierra a ser definida por el cliente.

Suministrada sin cable eléctrico, hoja de sierra, aceite hidráulico.

La cortadora se equipa con:

- Grupo hidráulico central, potencia 7,5 Kw, con técnica integrada de bloque de válvulas.
- Motor trifásico de 37 Kw para el accionamiento de la hoja de sierra, a través de 10 correas.
- Mecanismo de translación de la cortadora accionado electro-hidráulicamente, siendo la velocidad libremente regulable hasta 30 m/min.
- Sistema electrohidráulico con las válvulas eléctricas de mando por botón, para el movimiento de avance/vuelta de la máquina en la pista, para el movimiento de avance de la hoja de sierra y para el movimiento de la subida de la hoja de sierra.
- Llaves "fin de curso" que limitan el movimiento del avance y de elevación de la hoja de sierra.
- Ajuste electro-hidráulico de la altura de la hoja de sierra, limitado por interruptores y asegurado por un tope mecánico para evitar daños en las pistas.

- Eje de hoja de sierra, con lubricación tipo baño del aceite, en tubo cerrado y vedado.
- Reservorio de agua de 1700 litros, con el control automático del nivel y bomba de la presión, que garantizan la refrigeración forzada de la hoja de sierra.
- Armario de mando con los elementos necesarios de distribución y protección, llave estrella-triángulo y amperímetro que indica el consumo de energía durante el corte.
- Tambor de Cable, accionado por motor eléctrico que mantiene en tensión automáticamente el cable de alimentación de corriente. Con sistema de freno para evitar que el cable desenrolle cuando la Cortadora está siendo cambiada de pista.
- Fijador de las viguetas

Dimensiones aproximadas:

- o Ancho trabajo: 1376 mm
- o Ancho e/rieles 1605 mm
- o Longitud: 3500 mm
- o Ancho 1800 mm
- o Ángulo de corte 90 °
- o Hoja de sierra 1200 mm
- o Prof. corte 400 mm
- o Potencia corte 37 Kw
- o Conexión total 44,5 Kw
- o Peso 3800 Kg

### 3.5.2.1. Item 2.1: Cable y Hoja de Sierra

Cable WM Súper Flexible 180 Metros (uso móvil) 4x35mm<sup>2</sup> – Aislamiento 600-750 Volts, para alimentación eléctrica en 380V, considerando pista de 150 m y 30 m de holgura.

Hojas de Sierra Diamantado ø 600mm (2)

### 3.5.3. Item 3: Conjunto Cabezales

Conjunto de Cabezales, capacidad máxima de carga 300 t.f., con momento admisible de 30tfxm, utilizando fundación mono-bloque con apoyo sobre la pista o piso monolítico, para producción de viguetas T con Moldeadora, compuesto de:

- 02 postes - viguetas de contrafuerte con soporte para los cilindros de destensado.
- 01 dispositivo de destensado con barra perforada con 96 huecos, para alojamiento de 02 cilindros.
- 01 criba para pretensado, compuesto de tres postes y una barra perforada con 96 huecos.



Figura 38: Cabezales de Tensado.

Dimensiones aproximadas por conjunto:

- Capacidad            3000 Kn
- Longitud:            1700 mm
- Peso                    1300 Kg
- Ancho                 1700 mm
- Altura                 400 mm

### 3.5.3.1. Ítem 3.1: Juego de Apoyos de Destensado

Juego de Apoyos de Destensado, tipo Maletín, para poner en los dispositivos de destensado, para alivio de los pistones de los cilindros 150t/150mm, o en sustitución de los cilindros.

### 3.5.4. Ítem 4: Cubeta de Transporte

Cubeta de Transporte, para transporte del hormigón de la central hasta la Máquina Moldeadora. La cubeta se cuelga en la grúa y se abre automáticamente mientras baja sobre el silo de la unidad de alimentación.



Figura 39: Cubeta de Transporte.

Dimensiones aproximadas:

- Volumen 1500 Lts.
- Longitud: 1200 mm
- Ancho 1500 mm
- Altura 1200 mm

#### 3.5.4.1. Item 4.1: Carro Transportador de Cubetas

Carro Transportador de Cubetas para desplazamiento Recto, con capacidad para transportar simultáneamente dos cubetas con capacidad de 1500L, accionamiento por moto-reductores, a través de comando eléctrico.

O carro se desliza sobre rieles instalados en el piso industrial, siendo equipado con:

- Chasis único para desplazamiento en línea recta,
- 02 locales de comando, con asiento para operador, un en cada extremidad del carro,
- Inversor de frecuencia para rampa de aceleración suave, y reglaje de la velocidad até 85m/min.
- Salida eléctrica para riel energizado.



Figura 40: Carro Transportador.

#### 3.5.5. Item 5: Garra Doble

Garra Doble para Viguetas T-12, para colgar y retirar simultáneamente las 12 viguetas, con largo de 3 hasta 5 metros, de las pistas de producción.

La garra tiene accionamiento manual, a través de dispositivo mecánico, y enganche directo para el gancho del puente / pórtico.

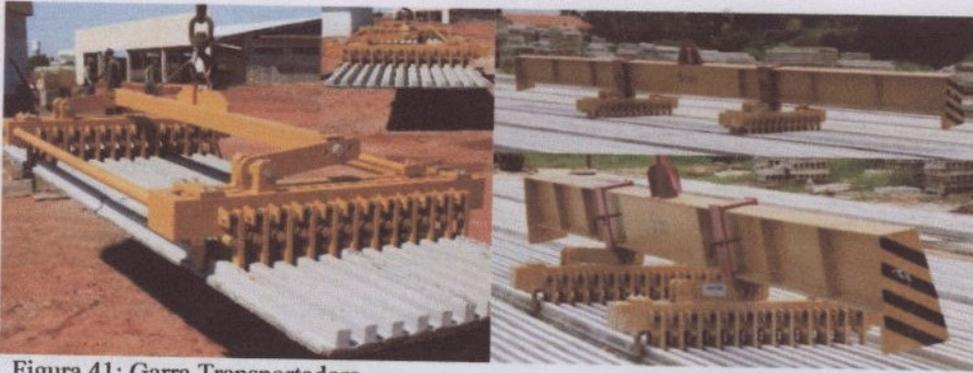


Figura 41: Garra Transportadora.

### 3.5.5.1. Item 5.1: Par de Garras Mecánicas

Par de Garras Mecánicas regulable para colgar y retirar simultáneamente 10 Vigas "T" y Bastidor Elevador (Balancín).

El balancín tiene agrupado seis engancho de fijación para el par de garras mecánicas, que permiten la retirada de las vigas de 3 hasta 9m de largo.

### 3.5.6. Item 6: Unidad Motriz

Unidad Motriz WCH modelo UM-215, compuesta de sistemas hidráulico, eléctrico y de medida.

El circuito hidráulico, se acciona por motor eléctrico, trifásico (220/380V) de 5 CV, que mueve una bomba de media presión (210atm) con caudal de 9 litros por minuto.

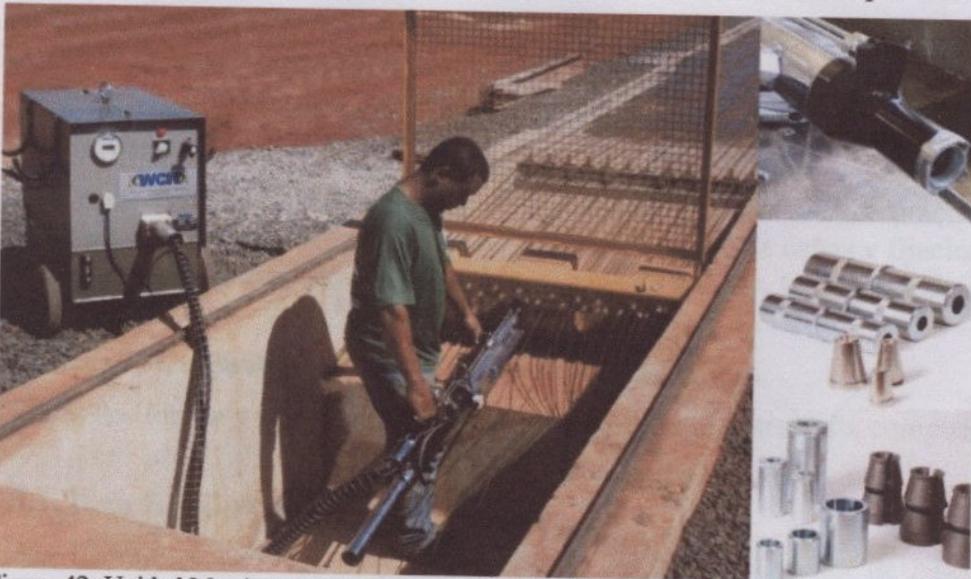


Figura 42: Unidad Motriz y Accesorios.

Las válvulas direccionales son comandadas eléctricamente y las secuencias de las funciones automáticas, están incluidas en el circuito hidráulico.

La fuerza de pretensado se comanda por una válvula limitadora de presión. Un manómetro digital 108mm, permite leer fácilmente, siendo la tolerancia del manómetro de cerca de 1,5% del valor dado.

La Unidad Motriz está equipada con armario eléctrico, completo, con conectores, fusibles y relé térmico para el motor eléctrico.

Una conexión hidráulica y una toma de conexión eléctrica permiten la utilización de tensores hidráulicos, tipo WCH, de 03, 06, 12, 16 o 24 toneladas.

Suministrada sin aceite hidráulico.

### **3.5.6.1. Item 6.1: Tensor Automático Hidráulico**

Tensor Automático Hidráulico WCH, modelo MAP03t/210/400mm capacidad de 03 toneladas, carrera del pistón de 400mm para tensar los hilos de pretensado.

El tensor está equipado con sistema de cerramiento de las garras interiores antes de pretensar, conexión hidráulica y mando eléctrico por dos botones.

Conexión prevista para la Unidad Motriz UM-215.

El tensor automático se acompaña de:

- Mangueras con 2,5m de largo.
- Herramienta para cambio de la garra interior (mordaza).
- Dispositivo para sacar la mordaza.
- Manual de instrucciones.
- Un juego de mordaza para  $\varnothing$  3-6mm
- Un juego de mordaza adicional  $\varnothing$  3-6mm
- Anillo adaptador para los barriles WA-24

### **3.5.6.2. Item 6.2: Prolongador del Tensor**

Prolongador del Tensor MAP03-06, usado cuando los aceros de pretensado están muy juntos, dificultando el uso del Tensor con el anillo adaptador para los barriles.

### **3.5.6.3. Item 6.3: Cuñas y Barriles**

Cuñas para pretensado, son importadas y los barriles son de nuestra producción, así como las cuñas y anclajes para pos-tensado.

Barriles abiertas: usadas al lado del pretensado (activo) y también pueden ser usadas al lado del destensado (pasivo).

Barriles cerrados: usadas solamente al lado del destensado (pasivo), son prácticas, pues como tienen tapa y muelle, garantizan el posicionamiento de las cuñas y fijaciones de los aceros, evitando la inspección del operador en zona de peligro. Cantidad a definir de acuerdo con proyecto.

### **3.5.7. Item 7: Conjunto de Bomba y Cilindros Hidráulicos**

Conjunto de Bomba y Cilindros Hidráulicos (gatos) para Destensado, compuesto de:

#### **3.5.7.1. Item 7.1: Unidad Hidráulica**

Unidad Hidráulica DP-703T-2C, accionamiento eléctrico por motor de 2,0cv e depósito montado sobre ruedas, para el accionamiento de los cilindros de destensado, con:

- Bomba hidráulica presión máxima 700bar, y evasión de 10,8 litros por minuto hasta 60bar y 1,2 litros hasta 700bar.
- Depósito de 40 litros,
- Circuito hidráulico con salida para 02 cilindros, válvula de seguridad para el control de la presión, conexiones hidráulicas y manómetro.
- 02 mangueras con 2,5m de largo y enchufes rápidos (PUSH-PULL) para 2 cilindros.
- Tensión de alimentación: trifásica 380V / 50Hz.

Peso aproximado en vacío: 85 Kg

Color Padrón WCH: amarillo TECHLUX UR 47059

Suministrada sin aceite hidráulico.

### 3.5.7.2. Item 7.2: Cilindros Hidráulicos

Dos Cilindros Hidráulicos (gatos) de acción simple, para el destensado de los cables tensores, con alza para transporte y sistema de alivio para limitación del curso. Capacidad individual de 150 t, curso del pistón 150mm.

### 3.5.8. Item 8: Estación Desbobinadora

Estación Desbobinadora Gaveta Móvil, modelo EDRF-GM4, con cuatro gavetas para alojamiento de los rollos de alambres.

Para abastecer una de las 4 gavetas, basta girar una de ellas para tener acceso libre a la carga de los rollos, y retornar posteriormente a la posición de trabajo.

Las gavetas son giratorias para evitar que el alambre se enrede, a la medida que son desenredados.

Se utilizan para el acondicionamiento y organización de los rollos de acero para pretensado. Los rollos de acero son alojados en las jaulas giratorias para evitar que el acero se enrede, cuando el carro distribuidor tira de los aceros.



Figura 43: Estación Desbobinadora.

### 3.5.8.1. Item 8.1: Carro Distribuidor de Alambres:

Para distribuir los aceros (alambres o cordeles) de pretensado en las pistas de producción.



Figura 44: Carro Distribuidor.

Medidas aproximadas conforme bobinas a ser acondicionadas:

- Ø Interno
  - Mínimo 150 cm
  - Máximo 180 cm
- Ø Externo
  - Mínimo 180 cm
  - Máximo 210 cm
- Altura Rollo 18 cm
- Peso 700 Kg

### 3.5.9. Accesorios fuera del presupuesto

#### 3.5.9.1. Limpieza de Pistas de Producción

Para un nuevo ciclo de producción, la pista deberá ser limpiada de todos los residuos. El caro de servicio, barre, aspira, unta con desmoldante y también distribuye los aceros (hilos o cordeles).



Figura 45: Carro de Servicios.

#### 3.5.9.2. Fraguado de Piezas

Para un nuevo ciclo de producción, las piezas tienen que fraguar o endurecer lo suficiente para poder resistir la fuerza del pretensado y su posterior manipulación. Esto se puede acelerar con mantas especiales que tapan la pieza, produciendo un ambiente cálido que se retroalimenta con el calor producido por el fragüe.

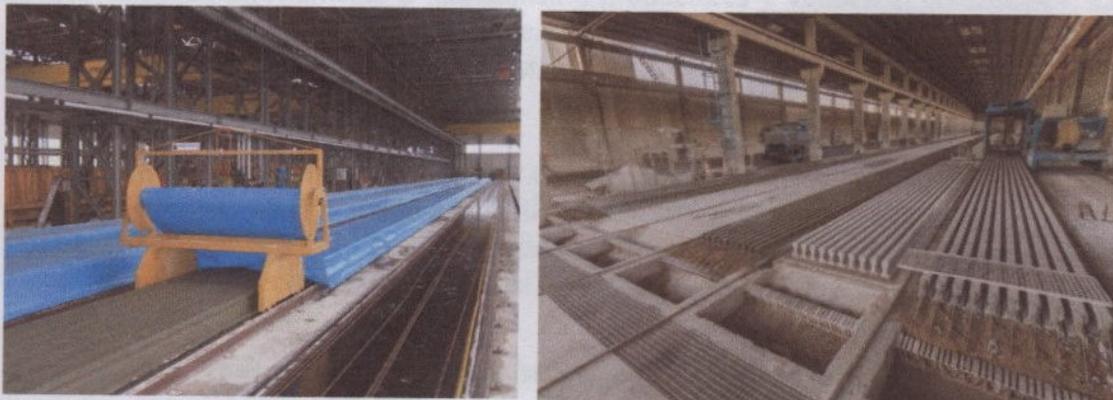


Figura 46: Distribuidor de Mantas.

## 4. Posibilidad de Realización

### 4.1. ¿Cuál es su Mercado?

#### 4.1.1. Mayorista

El mayorista, mayor, venta de mayoreo o distribuidor mayorista es un componente de la cadena de distribución en que la empresa o el empresario no se pone en contacto directo con los consumidores o usuarios finales de sus productos, sino que entrega esta tarea a un especialista. Cuando la cantidad de minoristas o clientes de una empresa es muy grande o se encuentran muy dispersos geográficamente la venta directa se transforma en un canal de gestión compleja y alto coste. Las razones principales son: la complejidad administrativa que supone gestionar un elevado número de clientes, la numerosa fuerza de ventas necesaria para atender a la clientela, el seguimiento de pedidos numerosos y de poco tamaño, las oficinas de venta o despachos dispersos, la gestión de existencias global y, finalmente, la financiación del canal (gestión de créditos y cobros). El mayorista es un intermediario entre el fabricante (o productor) y el usuario intermedio (minorista), intermediario que:

- Compra a una persona que produce (productor) (independiente o asociado en cooperativa), a un fabricante, a otro mayorista o intermediario en grandes cantidades.
- Vende a un fabricante, otro mayorista o a un minorista, en cantidades más pequeñas, pero nunca al consumidor o usuario final.

Los mayoristas pueden clasificarse de acuerdo con varios criterios:

- Según su localización pueden ser mayoristas de origen—en productos de agrícolas, ganaderos y pesqueros se suelen llamarlas lonjas— y mayoristas de destino, estos últimos llamados también asentadores.
- Según las vinculaciones con otros mayoristas pueden ser independientes y centrales de compra.

#### 4.1.1.1. Gran distribución

Grandes empresas que actúan al mismo tiempo como mayoristas y minoristas, porque compran directamente a fabricantes o productores y venden al consumidor. La gran distribución ha desarrollado los hipermercados y grandes superficies, junto con las llamadas marcas blancas o marcas del distribuidor.

#### 4.1.1.2. Franquicia

Tiendas que forman parte de una cadena. Se trata de tiendas que, con el mismo nombre e imagen, venden productos similares en diferentes ubicaciones dentro de una misma localidad o en diferentes localidades. Las tiendas pueden pertenecer a un mismo propietario o puede ser una franquicia del propietario que ha firmado un contrato con el franquiciado que la gestiona.

#### 4.1.1.3. Ventajas y desventajas de los mayoristas

La principal desventaja de los mayoristas es que agregan costes al producto y que disminuyen la rentabilidad de los productos que comercializan. Los mayoristas exigen márgenes que se añaden a los concedidos a los detallistas; aunque estos márgenes constituyen en definitiva su recompensa por los servicios que prestan.

Tiene también el efecto negativo de concentrar la demanda, por lo que la pérdida del distribuidor o su insolvencia ponen en peligro el volumen de ventas e ingresos totales de la empresa fabricante.

Sin embargo, los mayoristas son eslabones básicos del canal de distribución para consolidar la distribución de productos o servicios, al aumentar considerablemente la capilaridad de un canal de distribución y su madurez.

#### **4.1.2. Minorista**

El distribuidor minorista, venta en menudeo o detallista es la empresa comercial o persona en régimen de autónomo que vende productos al consumidor final. Son el último eslabón del canal de distribución, el que está en contacto con el mercado.

Las ventas minoristas pueden alterar, frenando o potenciando, las acciones de mercadotecnia y micro-mercadotecnia de los fabricantes y mayoristas. Son capaces de influir en las ventas y resultados finales de los artículos que comercializan.

##### **4.1.2.1. Comercio independiente o pequeño comercio**

Se trata de la tradicional tienda de barrio caracterizada por sus pequeñas dimensiones y por su sistema de venta a través de mostrador. Suele dedicarse a un solo sector: tintorería, textil, calzado, mercería, etc. Funciona de forma autónoma, independiente de otros comercios de su gremio o de su zona.

#### **4.1.3. Caso particular en estudio**

En nuestro caso la empresa cuenta con dos formas básicas de vender sus productos: Ventas minoristas (al consumidor final) o Ventas a los llamados Representantes (mayoristas).

##### **4.1.3.1. Ventas Minoristas**

En este caso, cualquier particular que está realizando un proyecto que necesite los productos de la empresa, puede acercarse y adquirirlos directamente. Hay que notar que generalmente éste tipo de transacción, se realiza con personas particulares que viven geográficamente cerca de la empresa.

Un aspecto importante en la comercialización de estos productos es el flete, que en ventas minoristas incide mucho en el precio final. Cabe aclarar que si un particular realiza una venta denominada chica, que no supera un determinado monto, seguramente el costo final del producto va a ser demasiado caro en comparación con productos locales. En esta situación es donde aparecen los Representantes.

##### **4.1.3.2. Ventas a Representantes (Mayoristas)**

En este caso, las ventas se realizan a empresas radicadas a una cierta distancia de la localidad de la empresa fabricante. El objetivo principal que se busca es bajar los costos del flete involucrado. Otro objetivo es poder llegar al usuario final en forma más personalizada, para satisfacer las dudas, consultas y asesorar individualmente cada proyecto, aspecto que sería muy difícil lograrlo desde la empresa fabricante.

Se trabaja bajo un volumen mínimo, por motivos comerciales (para mantener el status de representante debe comprar un mínimo mensual o anual) y por cuestiones de logística (un camión debe salir cargado completamente para distribución).

De ésta manera la empresa representante se asegura tener un precio competitivo y la empresa fabricante se garantiza tener abastecida de sus productos la zona geográfica ocupada por el representante.

### 4.2. Posibilidad de Realización – Espacio

Como parte del trabajo práctico, se propone un predio real para la realización de la fábrica de viguetas. El mismo debe satisfacer las necesidades antes mencionadas, como espacios para pistas, circulaciones, espacio para stock, etc.

Se propone el predio sito en el parque industrial, propiedad de la empresa Aguas Blancas S.A., con dimensiones de 50 metros de ancho y 175 metros de largo.



Figura 47: Vista aérea Planta Actual.

Se sugiere una distribución como se plantea en el esquema siguiente:

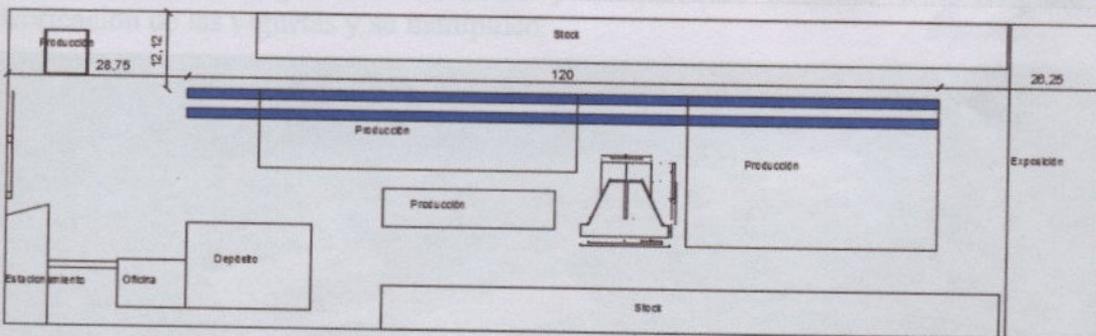


Figura 48: Distribución Sugerida.

### Distribución final: (Ver Anexo – Planos)

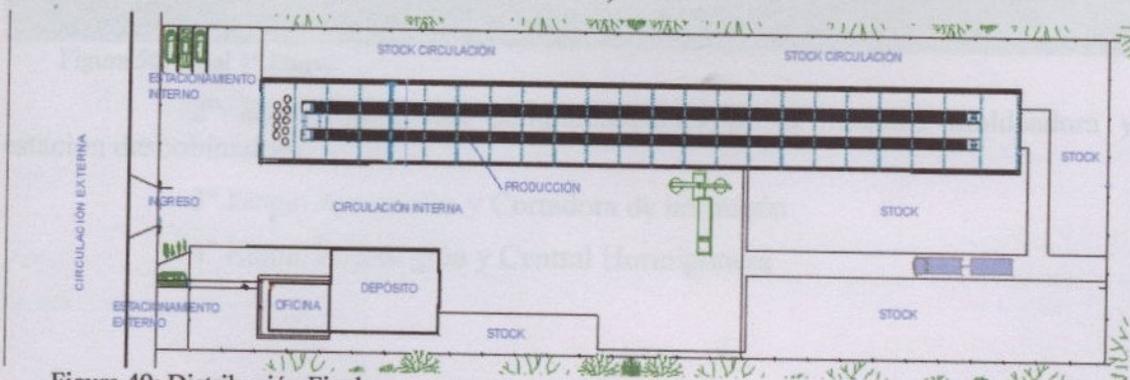


Figura 49: Distribución Final.

Como se observa, se consiguen pistas de una longitud de 120 metros con espacios por delante y por detrás para las operaciones necesarias como, ubicación de bobinas de hierros, depósito de maquinarias, etc.

En una primera instancia, se comienza con dos pistas separadas de tal manera, que entre ellas quede espacio suficiente para una futura pista. Así mismo se consideró el espacio necesario para sendas pistas a cada lado de las pistas originales, por lo tanto, la configuración final prevista es de cinco pistas.

Otro aspecto a tener en cuenta es el sistema de gestión de stock:

- FIFO (“First In, First Out”): significa “primero en entrar, primero en salir”. Este sistema es ideal para el almacenamiento de productos perecederos, que además de su colocación por gamas o familias, deberán ser colocados de tal forma que los primeros en salir sean los más próximos a su fecha de caducidad.
- LIFO (“Last In, First Out”): significa “último en entrar, primero en salir”. Sistema perfecto para aquellos productos no perecederos y que no tienen fecha de caducidad.

En nuestro caso el sistema adoptado es el FIFO, ya que nuestro objetivo es vender los productos más viejos y bien endurecidos o fraguados, asegurando la calidad del mismo. Priorizamos dejar en stock los productos con poco tiempo de producidos y aún fraguando.

#### 4.3. Posibilidad de Realización – Económico

Para poder mejorar la posibilidad de realización económica, se propone realizar la inversión total en cuatro etapas:

1° Etapa: infraestructura y maquinarias mínimas para asegurar la fabricación de las viguetas y su manipuleo.

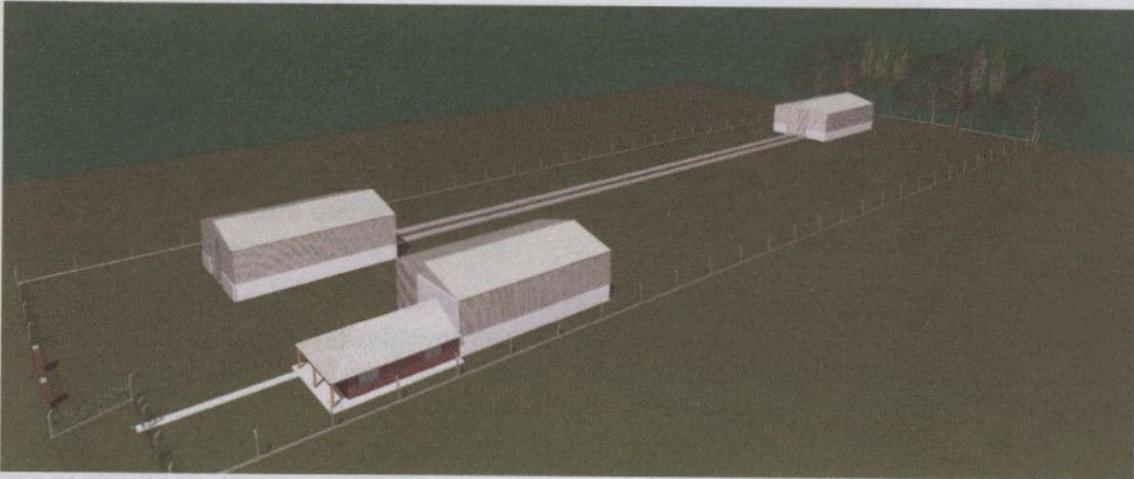


Figura 50: Final 1° Etapa.

2° Etapa: elementos complementarios de la máquina moldeadora y estación desbobinadora.

3° Etapa: Accesorios y Cortadora de hormigón

4° Etapa: Puente grúa y Central Hormigonera

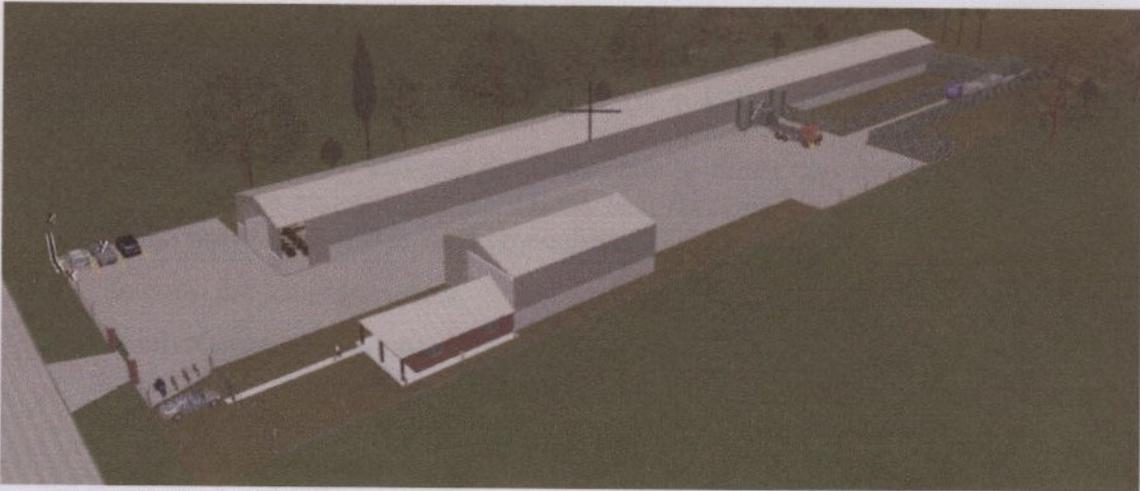


Figura 51: Final 4° Etapa.

#### 4.4. Posibilidad de Realización – Estudio TIR – VAN

A pesar de ser conceptos básicos en la economía de nuestras inversiones, no muchas personas la tienen en cuenta tanto al invertir dinero en un depósito, como en otras inversiones más complejas, o incluso, en nuestra propia empresa.

Dos parámetros muy usados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto son el VAN (Valor Actual Neto) y la TIR (Tasa Interna de Retorno). Ambos conceptos se basan en lo mismo, y es la estimación de los flujos de caja que tenga la empresa (simplificando, ingresos menos gastos netos).

Si tenemos un proyecto que requiere una inversión  $X$  y nos generará flujos de caja positivos  $Y$  a lo largo de  $Z$  años, habrá un punto en el que recuperemos la inversión  $X$ . Pero claro, si en lugar de invertir el dinero  $X$  en un proyecto empresarial lo hubiéramos invertido en un producto financiero, también tendríamos un retorno de dicha inversión. Por lo tanto a los flujos de caja hay que recortarles una tasa de interés que podríamos haber obtenido, es decir, actualizar los ingresos futuros a la fecha actual. Si a este valor le descontamos la inversión inicial, tenemos el Valor Actual Neto del proyecto.

Si por ejemplo hacemos una estimación de los ingresos de nuestra empresa durante cinco años, para que el proyecto sea rentable el VAN tendrá que ser superior a cero, lo que significará que recuperaremos la inversión inicial y tendremos más capital que si lo hubiéramos puesto a renta fija.

Una de las principales ventajas y la razón por la cual es uno de los métodos que más se usa es porque se homogeneizan los flujos de caja netos en el momento actual. El VAN o Valor Actual Neto es capaz de reducir a una sola unidad las cantidades de dinero generadas o que se van aportando. Además, se pueden introducir signos positivos y negativos en los cálculos de flujo que corresponden a las entradas y salidas de efectivo sin que el resultado final sea alterado.

Sin embargo, el VAN tiene un punto débil y es que la tasa que se usa para descontar el dinero puede ser no del todo entendible o incluso discutible para muchas personas.

La fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente, donde  $I$  es la inversión,  $Q_n$  es el flujo de caja del año  $n$ ,  $r$  la tasa de interés con la que estamos comparando y  $N$  el número de años de la inversión:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

El VAN cuenta con una tasa de interés que se llama tasa de corte y es la que se usa para actualizarse constantemente. Dicha tasa de corte, la da la persona que va a evaluar dicho proyecto y que se hace en conjunto con las personas que van a invertir.

La tasa de corte del VAN puede ser:

- El interés que se tenga en el mercado. Lo que se hace es tomar una tasa de interés a largo plazo que se puede sacar fácilmente del mercado actual.
- La tasa en la rentabilidad de una empresa. El tipo de interés que se marque en ese momento, dependerá de cómo se financie la inversión. Cuando se hace con capital que otra persona ha invertido, entonces *la tasa de corte refleja el costo de capital ajeno*. Cuando se hace con capital propio, este tiene un coste directo para la empresa pero le da rentabilidad al accionista

#### 4.4.1. Cuando la tasa es elegida por el inversor:

Ésta puede ser una tasa cualquier a su elección. Normalmente se lleva a cabo con la rentabilidad mínima que el inversor pretende tener y siempre estará por debajo de la cantidad en la que vaya a efectuar la inversión.

Si el inversionista quiere una tasa que refleje el costo de oportunidad, la persona deja de percibir dinero para invertir en un proyecto determinado.

Por medio del VAN se puede saber si un proyecto es viable o no antes de comenzar a llevarlo a cabo y además, dentro de las opciones de un mismo proyecto, nos permite saber cuál es el más rentable de todos o cual es la opción que más nos conviene. También nos ayuda mucho en los procesos de compra, ya que en caso de que queramos vender, esta opción nos ayuda mucho a saber cuáles es la cantidad de dinero real en la que tenemos que vender nuestra empresa o si ganamos más quedándonos con nuestro negocio.

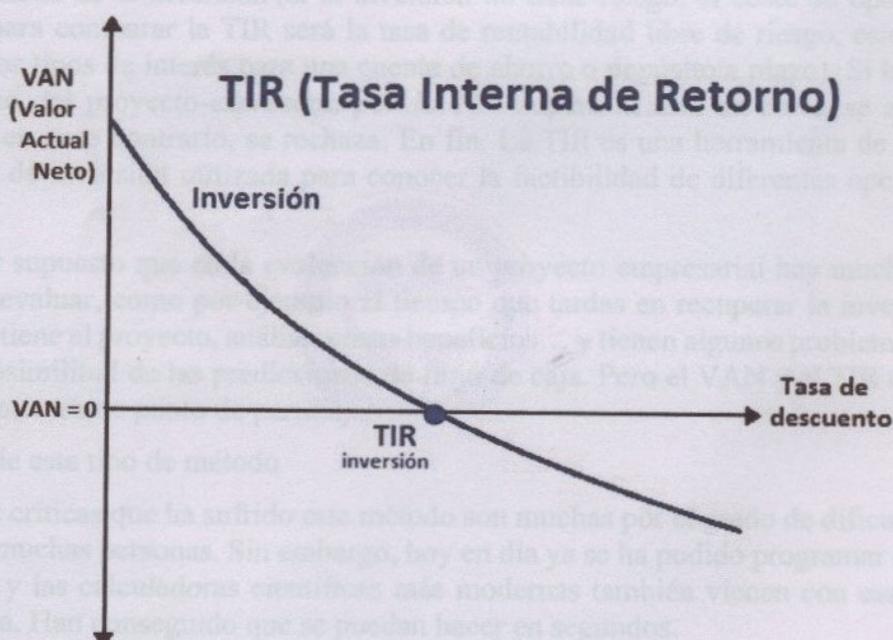


Figura 52: Representación TIR - VAN.

#### 4.4.2. Cómo se puede aplicar el VAN:

Para saber cómo se usa el VAN contamos con una fórmula que es  $VAN = BNA - Inversión$ . El Van ya sabemos lo que es y el BNA es el beneficio neto actualizado o dicho con otras palabras, el flujo de caja que tiene la empresa.

Para saber cuál es el BNA debes hacer un descuento de TD o tasa de descuento. Esta es la tasa de rentabilidad mínima y se sabe de la siguiente manera.

Si la tasa resulta mayor que el BNA esto quiere decir que la tasa no se ha satisfecho y tenemos un VAN negativo. Si el BNA es igual a la inversión, esto quiere decir que se ha cumplido con la tasa, el VAN es igual a 0.

Cuando el BNA es mayor significa que se ha cumplido con la tasa y además, se ha conseguido sacar una ganancia.

Cuando se da el último caso, quiere decir que el proyecto es rentable y se puede seguir adelante con él. Cuando se da el caso en el que queda tablas el proyecto es rentable por que se incorpora la ganancia TD pero hay que tener cuidado. Cuando se da el primer caso, el proyecto no es rentable y hay que buscar otras opciones.

#### 4.4.3. Cómo se puede aplicar el TIR:

Otra forma de calcular lo mismo es mirar la Tasa Interna de Retorno. La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN) es igual a cero. Si el TIR es alto, estamos ante un proyecto empresarial rentable, que supone un retorno de la inversión equiparable a unos tipos de interés altos que posiblemente no se encuentren en el mercado. Sin embargo, si el TIR es bajo, posiblemente podríamos encontrar otro destino para nuestro dinero.

La Tasa Interna de Retorno es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, que se lee a mayor TIR, mayor rentabilidad. Por esta razón, se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, que será el coste de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo, el coste de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo, esto es, por ejemplo, los tipos de interés para una cuenta de ahorro o depósito a plazo). Si la tasa de rendimiento del proyecto-*expresada por la TIR*- supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza. En fin. La TIR es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para conocer la factibilidad de diferentes opciones de inversión.

Por supuesto que en la evaluación de un proyecto empresarial hay muchas otras cosas que evaluar, como por ejemplo el tiempo que tardas en recuperar la inversión, el riesgo que tiene el proyecto, análisis costo-beneficios... y tienen algunos problemas como son la verosimilitud de las predicciones de flujo de caja. Pero el VAN y el TIR no dejan de ser un interesante punto de partida.

Es confiable este tipo de método

Las críticas que ha sufrido este método son muchas por el grado de dificultad que tiene para muchas personas. Sin embargo, hoy en día ya se ha podido programar en hojas de cálculo y las calculadoras científicas más modernas también vienen con esa opción incorporada. Han conseguido que se puedan hacer en segundos.

Este método cuenta con una forma de cálculo muy sencilla cuando ya la sabes usar y que da resultados más eficaces que es el método de interpolación lineal.

Aun así, volviendo a la más usada y la principal, se hace cuando en un determinado proyecto se han podido efectuar reembolsos o desembolsos que se van teniendo, no solo en un inicio sino durante la vida útil del mismo ya sea porque el proyecto ha ido teniendo pérdidas o se le han ido incluyendo nuevas inversiones.

En resumen

El TIR o la tasa interna de retorno es un indicador muy fiable en lo que se refiere a la rentabilidad de un proyecto en concreto. Cuando se lleva a cabo una comparación de las tasas de rentabilidad interna de dos tipos de proyectos diferentes no se tiene en cuenta la posible diferencia que puede haber en las dimensiones de los mismos.

#### 4.4.4. Estudio VAN – TIR para nuestro caso:

En el caso particular que estamos estudiando se propone lo siguiente:

- Realizar un estudio VAN – TIR en dos monedas: pesos argentinos y dólares estadounidenses.
- Se van a tomar distintos porcentajes de ventas, desde una posición pesimista (ventas no superiores a 65%), hasta una visión optimista (ventas de hasta el 90%).
- El estudio va a respetar las cuatro etapas descriptas con anterioridad, proponiéndose realizar una etapa a la vez en cada año calendario.
- Se realizará un cuadro resumen para conclusiones.

A modo de ejemplo se mostraran pantallas de algunos de los cálculos realizados, no se incluyen todos ya que serían aproximadamente 20 páginas.

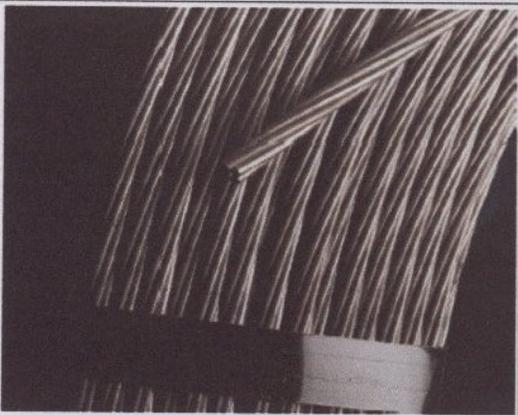
#### 4.4.4.1. Cálculos Previos:

### Cordones de acero para pretensado

Cordón de dos y tres alambres relevado de tensiones

Características

Son cordones de alambre trefilado, constituidas por 2 ó 3 alambres del mismo diámetro arrollados helicoidalmente y con paso uniforme, alrededor de su eje longitudinal. Se utiliza mayormente para la fabricación de viguetas y losas huecas.



Propiedades mecánicas

Norma IRAM- IAS U500-07

Designación del cordón*	Construcción del cordón	Diámetro nominal de los alambres mm	Área nominal de la sección transversal del cordón** (sección metálica) mm <sup>2</sup>	Peso por unidad de longitud***		Carga al 1% del alargamiento total (mínima)		Carga de rotura (mínima)		Alargamiento de rotura bajo carga sobre 200 mm (mín.) At %
				kg/m	Tolerancia	Q1 kN	Q2 kN	Q1 kN	Q2 kN	
C 1950	2 x 2,25	2,25	7,95	0,0624	8 % ±	13,7	15,6	23,5	27,1	2,5
C 1950	3 x 2,25	2,25	11,93	0,0936	8 % ±	19,8	23,5	37,1	43,8	2,5
C 1750	3 x 3,00	3,00	21,21	0,1665	8 % ±	31,5	37,1	58,8	68,8	2,5

(\*) Los valores de designación corresponden aproximadamente a la resistencia a la tracción nominal del cordón expresada en MPa.  
 (\*\*) Son valores teóricos dados a título indicativo.  
 (\*\*\*) Los valores del peso por unidad de longitud están calculados considerando que la densidad del acero es 7,85 kg/dm<sup>3</sup>  
 Nota: la carga al 1% del alargamiento total, se considera equivalente al 0,2% de deformación permanente.

Figura 53: Cardones de Acero Acindar.

1.00 a 3.00 m	 1x2Ø2.25 mm 1x3Ø2.25 mm	 2x2Ø2.25 mm
3.10 a 3.40 m	 3x2Ø2.25 mm	 1x2Ø2.25 mm 1x3Ø2.25 mm
3.50 a 3.80 m	 1x2Ø2.25 mm 2x3Ø2.25 mm	 3x2Ø2.25 mm
3.90 a 4.20 m	 2x2Ø2.25 mm 2x3Ø2.25 mm	 1x2Ø2.25 mm 2x3Ø2.25 mm
4.30 a 4.60 m	 1x2Ø2.25 mm 3x3Ø2.25 mm	 3x3Ø2.25 mm
4.80 a 5.40 m	 2x2Ø2.25 mm 3x3Ø2.25 mm	 2x2Ø2.25 mm 2x3Ø2.25 mm
5.60 a 6.20 m	 5x3Ø2.25 mm	 2x2Ø2.25 mm 3x3Ø2.25 mm
6.40 a 7.20 m	 6x3Ø2.25 mm	 2x2Ø2.25 mm 4x3Ø2.25 mm

Figura 54: Cantidad de Cordones por Vigueta.

#### 4.4.4.1.1. Cálculo de kilos de hierro por pista

Largo total de Pista = 120 metros

Cantidad de viguetas por pista = 12 viguetas

Kilos por metro (promedio):

de Figura: 53			
	2Ø2.25	3Ø2.25	
Kg x metro	0,0624	0,0936	
de figura 54	2Ø2,25	3Ø2,25	Kg x metro
1 a 3	1	1	0,156
3,1 a 3,4	3		0,1872
3,5 a 3,8	1	2	0,2496
3,9 a 4,2	2	2	0,312
4,3 a 4,6	1	3	0,3432
4,8 a 5,4	2	3	0,4056
5,6 a 6,2		5	0,468
6,4 a 7,2		6	0,5616
	<b>Total</b>		<b>2,6832</b>

<b>Promedio kg hierro x metro:</b>	<b>0,3354</b>
------------------------------------	---------------

$$\text{Total de kg de hierro por pista} = 120 \text{ m} \times 12 \text{ vig.} \times 0,3354 \frac{\text{kg}}{\text{m} \times \text{vig.}} = 482,98 \text{ kg}$$

#### 4.4.4.1.2. Cantidad de m3 de hormigón por pista

Área de Vigueta = 0,0068 m<sup>2</sup>

Cantidad m<sup>3</sup> hormigón por pista = 0,0068 m<sup>2</sup> x 12 viguetas x 120 m

Cantidad m<sup>3</sup> hormigón por pista = 9,792 m<sup>3</sup>

**4.4.4.1.3. Materiales para 1 m3 de hormigón**

Cemento = 350 Kg

Piedra = 0,65 m<sup>3</sup>

Arena = 0,65 m<sup>3</sup>

Agua = 180 Lts.

**4.4.4.1.4. Cálculo de metros lineales a producir por mes**

Largo total de Pista = 120 metros

Cantidad de viguetas por pista = 12 viguetas

Cantidad de días por mes = 22 días

Cantidad a producir = 120 m. x 12 vig. x 22 d. = 31.680 m. vig. x mes

merma por rotura = 31.680 m. vig. x mes x 0,95 = 30.096 m. vig. x mes

**4.4.4.2. Caso: Estudio TIR en \$ con ventas optimistas de 90%**

COSTOS				1 Mes	2 Mes	3 Mes	4 Mes	5 Mes	6 Mes	7 Mes	8 Mes	9 Mes	10 Mes	11 Mes	12 Mes	
CONCEPTO	IVA	Unid. obra	PRECIO	INICIO												
<b>INVERSION I</b>																
Instalaciones			TOT. PROY													
Pista		100,00	3000,0		-540000											
Galpónes 1 Etapa		100	350000,0		-350000											
IVA compra inicial	0,20				0											
<b>Total</b>				35,4%	-890000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Maguñarias</b>																
1 Etapa		100	25000,0		-846732	-846732										
2 Etapa		100	4775,0													
3 Etapa		100	10000,0													
4 Etapa		100	225000,0													
IVA compra 2	0,20				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Total</b>				63,3%	-846732	-846732	-846732	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Insumos para stock</b>																
Hierro		kg	22000,00	20,0	-440000	-220000	-220000	-220000	-220000	-220000	-220000	-220000	-220000	-220000	-220000	
Piedra		m <sup>3</sup>	286,00	850,4	-27808	-13904	-13904	-13904	-13904	-13904	-13904	-13904	-13904	-13904	-13904	
Arena		m <sup>3</sup>	286,00	626,4	-236364	-118182	-118182	-118182	-118182	-118182	-118182	-118182	-118182	-118182	-118182	
Cemento		kg	3090,00	140,5	-432727	-216364	-216364	-216364	-216364	-216364	-216364	-216364	-216364	-216364	-216364	
Personal 2 meses		hrs	35,00	3250,0	-94500	-47250	-47250	-47250	-47250	-47250	-47250	-47250	-47250	-47250	-47250	
Transporte			5000,00	10000,0		-528	-528	-528	-528	-528	-528	-528	-528	-528	-528	
Gastos fijos			3000,00	6000,0		-3771	-3771	-3771	-3771	-3771	-3771	-3771	-3771	-3771	-3771	
Insumos 2			1500,00	3000,0		-886	-886	-886	-886	-886	-886	-886	-886	-886	-886	
IVA compra 2	0,20				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Total</b>				0,0%	-5657	-108812	-108812	-1074897	-1074897	-1074897	-1074897	-1074897	-1074897	-1074897	-1074897	
<b>EGRESOS TOTALES I+2 (oficia)</b>					0	-2326500,00	-2442363	-2783343	-2783343	-1074897	-1074897	-1074897	-1074897	-1074897	-1074897	
<b>INGRESOS</b>																
			% de ventas	90%												
<b>INGRESOS</b>																
Ventas Viguetas		m	27086,40	90,0	0,00	0,00	2437776	2437776	2437776	2437776	2437776	2437776	2437776	2437776	2437776	
IVA total de ingresos	0,20		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Venta final (oficia)			27086,4	90,0	0,00	0,00	2437776	2437776	2437776	2437776	2437776	2437776	2437776	2437776	2437776	
<b>VENTA</b>																
			MES	TOT. PROY												
		0,600	0,00	0,00												
Ingresos por venta final (oficia)	0,20		0,00	0,00												
<b>INGRESOS (Gastos venta (oficia)</b>							0	2437776	2437776	2437776	2437776	2437776	2437776	2437776	2437776	
<b>PAGOS Creditos</b>																
IVA Compra I+2			MES	TOT. PROY												
IVA Venta			0,0	0,0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Credito [1] Debito [2] IVA I+2			0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Saldo a pagar IVA I+2			0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>IG</b>																
Saldo a pagar IG I+2			MES	TOT. PROY												
EGRESOS IVA-IG I+2	0		0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EGRESOS IVA-IG I+2			0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>SALDO BRUTO ANUAL (I+2) A</b>				1069364,03	76153%	-2442363	-2783343	-2783343	1262879	1262879	1262879	1262879	1262879	1262879	1262879	1262879
<b>TIR ANUAL (I+2) A</b>				6481,98	13,84%	-2442363	-2783343	-2783343	1262879	1262879	1262879	1262879	1262879	1262879	1262879	1262879



El desafío es encontrar la tasa de corte que sea representativa y justa para poder decidir si el proyecto es atractivo o no para la empresa o para un inversor.

Con la economía argentina en la situación actual, con tasas muy altas, es muy difícil hacer atractivo un proyecto de inversión frente al negocio financiero como las compras de Lebac (títulos de deuda a corto plazo emitidos por el BCRA).

Si solo nos atenemos a la tasa de interés fijada por BCRA, en ninguna situación el proyecto es atractivo, aun considerando la mejor situación en la simulación optimista en pesos.

Sin embargo, hay otros parámetros a tener en cuenta a la hora de decidir, que no se ven reflejados en la TIR, como por ejemplo: si la inversión se considera una ampliación de la empresa, que permita ganar nuevos mercados y tener otros beneficios adicionales; si el capital es propio o de algún inversionista privado con intereses en la empresa; si hay alguna cuestión social involucrada.

Es estos casos la tasa de corte va a ser ajustada a los parámetros propios de la empresa o del inversionista involucrado. La tasa de corte puede no reflejar la tasa de interés actual, sino una tasa que solamente nos asegure recuperar el capital y tener una mínima ganancia, ya que la empresa o el inversionista ha considerado más relevantes algunas de las consideraciones anteriores. En estos casos se considera que el inversionista quiere una tasa que refleje el costo de oportunidad, la persona o empresa deja de percibir dinero para invertir en un proyecto determinado.

Un punto a tener en cuenta, aunque sea difícil considerarlo para este proyecto en particular por sus características, son los capitales externos. Para estos casos, internacionalmente se consideran atractivas inversiones para proyectos con Tasas de TIR superiores al 12%.

### **5. Conclusiones del Trabajo:**

- En este trabajo se pueden apreciar las bondades del hormigón pretensado, en relación al hormigón armado. Mayores cargas útiles y mejor aprovechamiento de los materiales.

- Las viguetas, como elemento pre-moldeado y pretensado, presenta distintas ventajas, tales como velocidad de ejecución, economía y mayor eficiencia en el uso de los materiales. Al ser un elemento pre-moldeado longitudinal, se pueden fabricar industrialmente, posibilitando abastecer el mercado con grandes cantidades y mantener una calidad final estándar.

- Las necesidades para su fabricación son muchas y variadas, desde requisitos económicos, financieros, hasta de grandes espacios. Las empresas dedicadas a la fabricación de este tipo de maquinarias no son muchas, y menos por estas latitudes. Lo cual hace dificultoso poder negociar precios y plazos de entregas.

- Como consecuencia del punto anterior, se deduce que no es fácil llevarla a la práctica en una situación real. La situación económica actual no es la más propicia para este tipo de inversiones, así el proyecto avance con capital propio, o presentándolo como plan de negocios. La dificultad de encontrar la tasa de corte que sea representativa y justa es una inconveniente más a la hora de tomar decisiones. En ambas situaciones la pregunta difícil de satisfacer es: "¿Me conviene invertir en un proyecto productivo con sus riesgos inherentes o me conviene trabajar con el capital en el sistema financiero?". A las tasas que se manejan hoy en día la respuesta parece obvia.

## 7. Anexos - Planillas

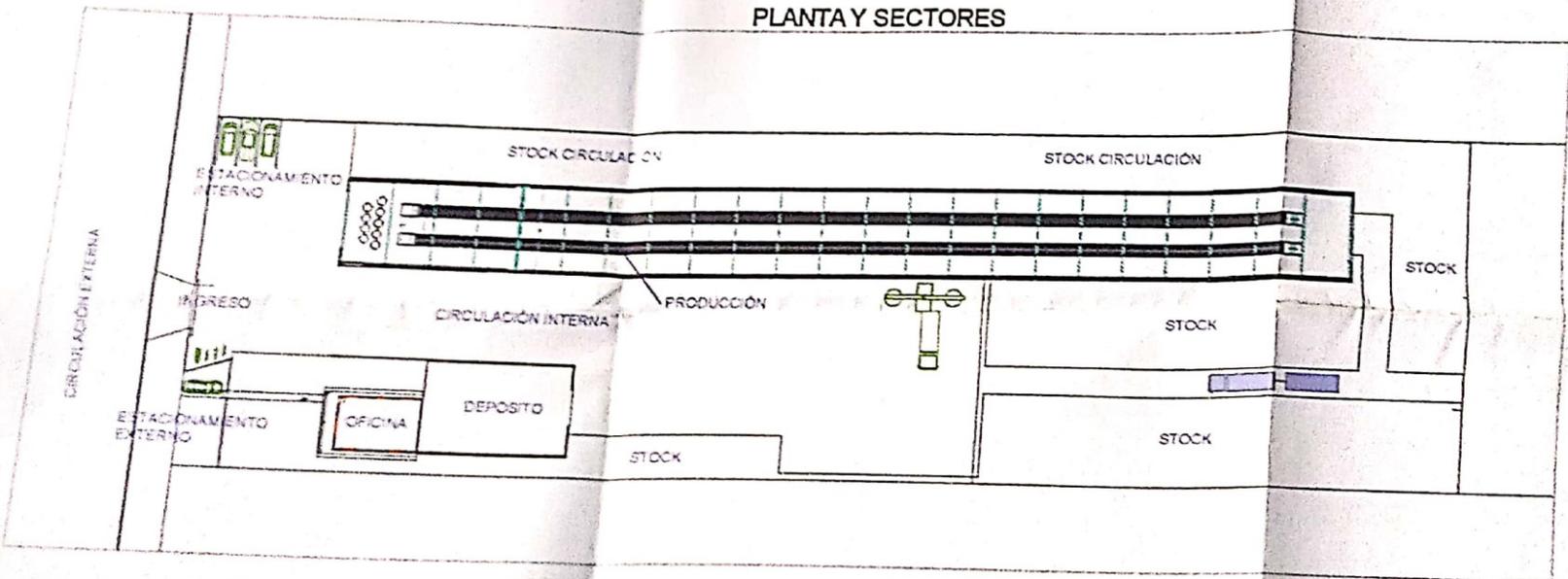
### 6. Bibliografía:

- <http://stresslite.co.uk/about-us>
- <https://www.youtube.com/watch?v=ydYRTs0B664>
- <http://www.hormiconsrl.com.ar/index.php/calculo>
- <http://www.mabeton.com/productos3.htm>
- <http://www.norviguet.com.ar/viguetas.html>
- <http://www.pascualblanch.com/maquinarianordimpiantipretensado>
- <http://www.rbyasoc.com/artensoliteprueba2.htm>
- [http://www.shap.com.ar/imagenes/planillas\\_viguetas.htm](http://www.shap.com.ar/imagenes/planillas_viguetas.htm)
- Sistema de Pretensado WCH-Weiler
- Vitus Braig e Hijos S.A
- Losa Rap - Viguetas Pretensadas
- Viguetas Concretec
- Viguetas Prear
- Viguetas Pretensados Cordoba
- Viguetas Tensar
- Viguetas Tensolite
- Viguetas Vitesa

**7. Anexo - Planos:**

NTE

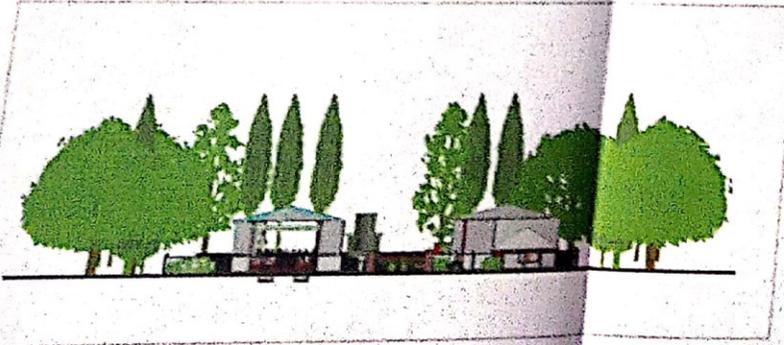
# PLANTA Y SECTORES



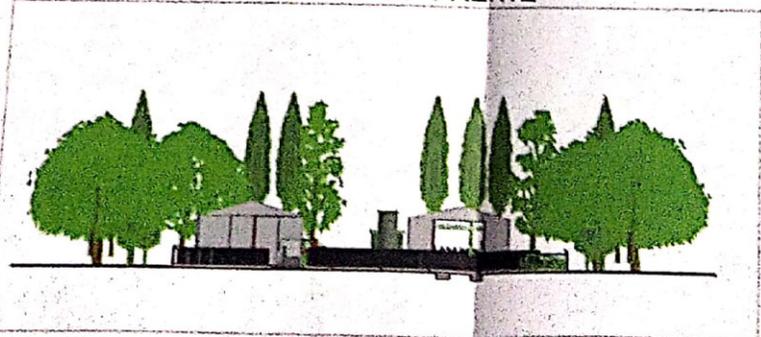
# VISTA LATERAL



# FRENTE



# CONTRA - FRENTE



Escala:



1 : 500

Asignatura:

PROYECTO FINAL

Trabajo:

VIGUETAS PRETENSADAS

Título:

PLANTA Y VISTAS

Alumno:

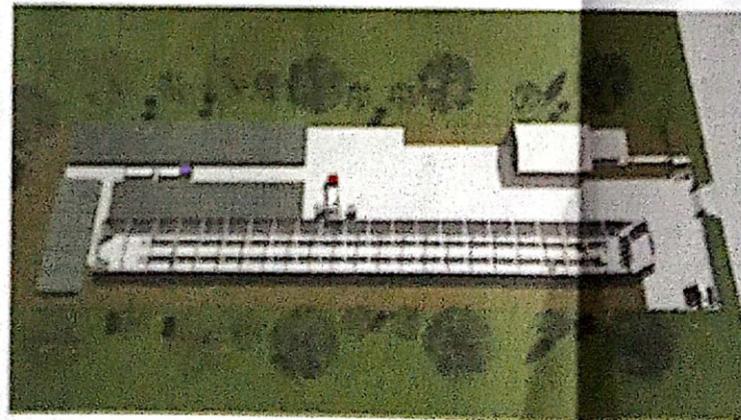
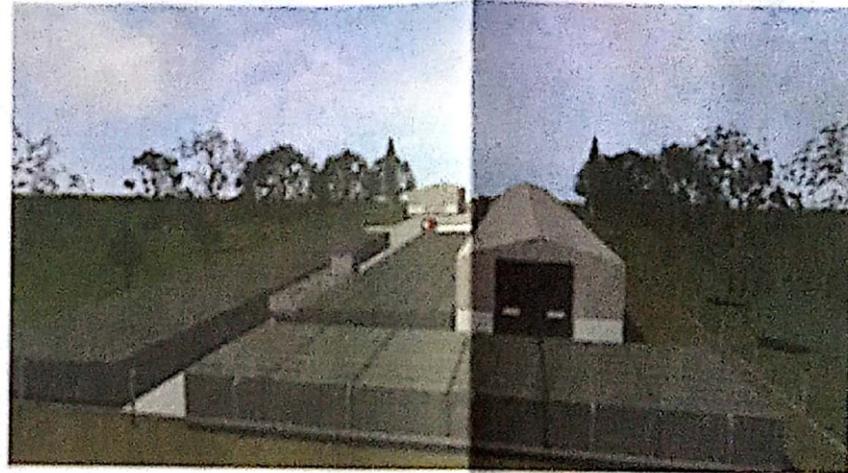
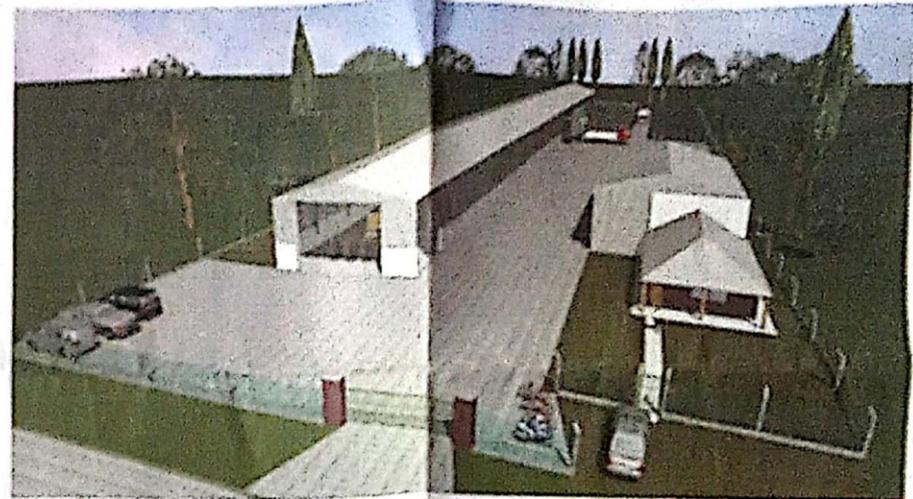
Sergio Cesana

Profesor:

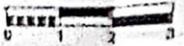
Mauricio Revelant

Empresa:





Escala



S / E

Asignatura:

PROYECTO  
FINAL

Trabajo:

VIGUETAS  
PRETENSADAS

Título:

IMAGENES DEL  
PROYECTO

Alumno:

Sergio Cesana

Profesor:

Mauricio Revelant

Empresa:



### 8. Anexo – Tabla Viguetas Cesana

MODELOS DE VIGUETAS	
MODELOS	LARGOS DISPONIBLE (Mts.)
MODELO 1-3	1,00 - 1,20 - 1,40 - 1,60 - 1,80 - 2,00 - 2,20 - 2,40 - 2,60 - 2,80 - 3,00
MODELO 3-1	3,10 - 3,20 - 3,30 - 3,40
MODELO 3-2	3,50 - 3,60 - 3,70 - 3,80
MODELO 4-1	3,90 - 4,00 - 4,10 - 4,20
MODELO 4-2	4,30 - 4,40 - 4,50 - 4,60
MODELO 5-1	4,80 - 5,00 - 5,20 - 5,40
MODELO 5-2	5,60 - 5,80 - 6,00 - 6,20
MODELO 6-7	6,40 - 6,60 - 6,80 - 7,00 - 7,20

TABLA DE SOBRECARGA ADMISIBLE																	
MODELOS DISPONIBLES	Carga Permanente + Sobrecarga de Reglamento																
		Bovedilla 9,5 cm			Bovedilla 12,5 cm			Bovedilla 16 cm			Bovedilla 12,5 cm			Bovedilla 16 cm			
		Capa Compresión (cm)			Capa Compresión (cm)			Capa Compresión (cm)			Capa Compresión (cm)			Capa Compresión (cm)			
		3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	
		Peso Losa (Kg/m <sup>2</sup> )	184,20	189,20	212,20	199,30	223,30	247,30	223,70	247,70	271,70	257,90	286,90	316,10	297,40	326,60	356,90
Modelo 1-3	De 1 a 3 mts cortes cada 20 cm	180	2,97	3,01	3,08	3,24	3,26	3,28	3,55	3,58	3,58	4,22	4,24	4,26	4,57	4,56	4,56
		200	2,76	2,81	2,88	3,03	3,06	3,09	3,33	3,34	3,35	3,98	4,02	4,05	4,33	4,34	4,35
		250	2,59	2,65	2,70	2,86	2,90	2,93	3,15	3,17	3,19	3,78	3,83	3,86	4,13	4,15	4,17
		300	2,45	2,51	2,57	2,71	2,75	2,79	3,00	3,02	3,05	3,61	3,66	3,70	3,95	3,98	4,01
		350	2,32	2,39	2,45	2,59	2,63	2,67	2,87	2,89	2,92	3,48	3,51	3,56	3,80	3,83	3,86
		400	2,22	2,29	2,35	2,48	2,52	2,57	2,75	2,78	2,81	3,32	3,38	3,43	3,68	3,70	3,73
Modelo 3-1	De 3,10 a 3,40 mts cortes cada 10 cm	150	3,29	3,33	3,37	3,58	3,60	3,61	3,91	3,91	3,91	4,66	4,68	4,69	5,03	5,03	5,02
		200	3,06	3,11	3,16	3,35	3,38	3,40	3,67	3,69	3,69	4,40	4,43	4,46	4,77	4,78	4,79
		250	2,87	2,93	2,99	3,15	3,20	3,23	3,47	3,50	3,51	4,18	4,22	4,26	4,55	4,57	4,59
		300	2,71	2,78	2,84	2,99	3,04	3,08	3,30	3,33	3,36	3,98	4,04	4,08	4,36	4,38	4,41
		350	2,57	2,64	2,71	2,85	2,90	2,95	3,16	3,19	3,22	3,82	3,87	3,93	4,18	4,22	4,25
		400	2,46	2,53	2,59	2,73	2,78	2,83	3,03	3,06	3,10	3,67	3,73	3,79	4,03	4,07	4,11
Modelo 3-2	De 3,50 a 3,80 mts cortes cada 10 cm	150	3,76	3,81	3,86	4,10	4,13	4,15	4,48	4,49	4,49	5,34	5,36	5,38	5,77	5,77	5,76
		200	3,49	3,56	3,62	3,84	3,88	3,91	4,22	4,23	4,24	5,04	5,08	5,12	5,48	5,49	5,50
		250	3,27	3,38	3,42	3,62	3,67	3,71	3,99	4,02	4,04	4,78	4,84	4,89	5,22	5,25	5,27
		300	3,09	3,17	3,25	3,43	3,49	3,53	3,80	3,83	3,85	4,56	4,62	4,69	5,00	5,03	5,06
		350	2,94	3,02	3,10	3,27	3,33	3,38	3,63	3,66	3,70	4,37	4,44	4,50	4,80	4,84	4,88
		400	2,81	2,89	2,97	3,13	3,19	3,25	3,48	3,52	3,56	4,20	4,28	4,34	4,63	4,67	4,72
Modelo 4-1	De 3,90 a 4,20 mts cortes cada 10 cm	150	4,25	4,31	4,38	4,62	4,65	4,67	5,05	5,08	5,04	6,01	6,03	6,05	6,49	6,48	6,47
		200	3,95	4,02	4,08	4,32	4,36	4,40	4,75	4,76	4,77	5,67	5,71	5,75	6,15	6,17	6,17
		250	3,70	3,78	3,85	4,08	4,13	4,17	4,49	4,51	4,53	5,38	5,44	5,49	5,87	5,89	5,91
		300	3,50	3,58	3,66	3,87	3,93	3,98	4,27	4,30	4,33	5,13	5,20	5,26	5,62	5,65	5,68
		350	3,32	3,41	3,49	3,69	3,75	3,81	4,08	4,12	4,15	4,92	4,99	5,06	5,39	5,44	5,48
		400	3,17	3,27	3,35	3,53	3,60	3,66	3,91	3,96	4,00	4,73	4,81	4,88	5,20	5,25	5,29
Modelo 4-2	De 4,30 a 4,60 mts cortes cada 10 cm	150	4,36	4,43	4,49	4,77	4,80	4,83	5,23	5,23	5,23	6,19	6,23	6,26	6,72	6,71	6,71
		200	4,05	4,13	4,20	4,46	4,51	4,55	4,92	4,93	4,95	5,84	5,90	5,94	6,37	6,39	6,40
		250	3,80	3,89	3,97	4,20	4,26	4,32	4,65	4,68	4,70	5,55	5,62	5,68	6,07	6,10	6,13
		300	3,59	3,69	3,77	3,99	4,05	4,11	4,42	4,46	4,49	5,29	5,37	5,44	5,81	5,86	5,89
		350	3,41	3,51	3,60	3,80	3,87	3,94	4,22	4,27	4,31	5,07	5,16	5,23	5,58	5,64	5,68
		400	3,25	3,36	3,45	3,64	3,71	3,78	4,05	4,10	4,15	4,87	4,96	5,05	5,38	5,44	5,49
Modelo 5-1	De 4,80 a 5,40 mts cortes cada 20 cm	150	4,88	4,94	5,00	5,30	5,32	5,34	5,78	5,78	5,77	6,88	6,90	6,92	7,42	7,41	7,40
		200	4,54	4,61	4,68	4,96	5,00	5,04	5,43	5,44	5,46	6,49	6,54	6,58	7,03	7,05	7,06
		250	4,28	4,34	4,42	4,67	4,73	4,78	5,14	5,16	5,19	6,16	6,22	6,28	6,71	6,73	6,76
		300	4,02	4,11	4,20	4,43	4,50	4,55	4,89	4,92	4,96	5,88	5,95	6,02	6,42	6,46	6,50
		350	3,82	3,92	4,01	4,23	4,30	4,36	4,67	4,71	4,75	5,63	5,72	5,79	6,17	6,22	6,26
		400	3,65	3,75	3,84	4,05	4,12	4,19	4,48	4,53	4,57	5,41	5,50	5,58	5,94	6,00	6,05
Modelo 5-2	De 5,00 a 6,20 mts cortes cada 20 cm	150	5,15	5,22	5,28	5,61	5,61	5,67	6,14	6,14	6,13	7,27	7,29	7,34	7,87	7,87	7,86
		200	4,78	4,87	4,95	5,25	5,27	5,34	5,77	5,79	5,80	6,88	6,91	6,97	7,47	7,48	7,50
		250	4,45	4,59	4,68	4,95	4,98	5,07	5,46	5,49	5,52	6,52	6,54	6,66	7,12	7,15	7,18
		300	4,24	4,34	4,44	4,69	4,74	4,83	5,19	5,23	5,27	6,22	6,25	6,38	6,81	6,86	6,90
		350	4,02	4,14	4,24	4,47	4,53	4,62	4,96	5,01	5,05	5,96	6,01	6,14	6,54	6,60	6,65
		400	3,84	3,96	4,06	4,28	4,34	4,44	4,76	4,81	4,88	5,73	5,79	5,92	6,31	6,37	6,43
Modelo 6-7	De 6,40 a 7,20 mts cortes cada 20 cm	150	5,69	5,77	5,83	6,19	6,22	6,25	6,76	6,76	6,76	8,01	8,05	8,07	8,66	8,65	8,64
		200	5,29	5,38	5,47	5,79	5,84	5,89	6,35	6,37	6,38	7,56	7,62	7,67	8,21	8,23	8,24
		250	4,96	5,07	5,16	5,46	5,53	5,58	6,01	6,04	6,07	7,18	7,26	7,33	7,83	7,86	7,90
		300	4,68	4,80	4,90	5,18	5,25	5,32	5,71	5,76	5,80	6,85	6,94	7,02	7,49	7,54	7,59
		350	4,45	4,57	4,68	4,94	5,02	5,09	5,46	5,51	5,56	6,58	6,68	6,76	7,26	7,28	7,31
		400	4,25	4,37	4,49	4,73	4,81	4,89	5,24	5,29	5,35	6,31	6,42	6,51	6,94	7,01	7,07