



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**MANUAL DE PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOSAS BUBBLE DECK  
(BDM®) PARA EDIFICACIONES**

**T E S I N A**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**ESPECIALISTA EN CONSTRUCCION**

PRESENTA:

**ARQ. ANA KAREN SEGURA GARCIA**

DIRECTOR DE TESINA:

**ING. JUAN LUIS COTTIER CAVIEDES**

Ciudad Universitaria, C.D. M.X. SEPTIEMBRE 2017

# Índice

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>1</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>2</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>4</b>
<b>Justificación</b> .....	<b>4</b>
<b>Capítulo Primero.- Antecedentes</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1.- Definición de losas</b> .....	<b>5</b>
<b>1.2.-Tipos de losas de concreto</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3.- Losas Planas Aligeradas</b> .....	<b>8</b>
<b>Capítulo Segundo.- Losas BDM: Propiedades y Componentes</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1.- Introducción a las losas BDM</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2.- Características Principales</b> .....	<b>9</b>
<b>2.3.-Normatividad</b> .....	<b>10</b>
<b>2.4.-Características de los elementos y sus componentes</b> .....	<b>11</b>
<b>2.4.1.- Esfera</b> .....	<b>11</b>
<b>2.4.2.- Concreto</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4.3.- Malla y Acero de Refuerzo</b> .....	<b>12</b>
<b>2.5.-Tipos de panel y sus características</b> .....	<b>13</b>
<b>2.5.1.- Tipos de Paneles</b> .....	<b>13</b>
<b>2.5.2.- Paneles de acuerdo a su peralte y Características</b> .....	<b>15</b>
<b>2.5.2.1- Panel BDM 230</b> .....	<b>15</b>
<b>2.5.2.2.- Panel BDM 280</b> .....	<b>17</b>
<b>2.5.2.3.- Panel BDM 340</b> .....	<b>19</b>
<b>2.5.2.4.- Panel BDM 390</b> .....	<b>21</b>
<b>2.5.2.5.- Panel BDM 450</b> .....	<b>23</b>
<b>2.5.2.6.- Panel BDM 510</b> .....	<b>25</b>
<b>2.5.2.7.- Panel BDM 600</b> .....	<b>27</b>
<b>2.5.2.8.- Panel BDM 700</b> .....	<b>29</b>

2.5.2.9.- Panel BDM 800.....	31
<b>Capítulo Tercero.- Losas BDM: Proceso Constructivo .....</b>	<b>33</b>
3.1.- Planeación.....	33
3.2.-Transportación y almacenaje.....	34
3.2.1.- Izaje.....	35
3.3.- Apuntalamiento.....	36
3.4.- Colocación y Fijación de los paneles a los elementos de soporte.....	39
3.5.- Cimbra Perimetral.....	41
3.6.- Colado de losa.....	41
3.7.- Instalaciones.....	45
3.7.1.- Barrenos.....	46
3.7.2.- Paso a través de la losa.....	47
3.7.3.- Procedimiento de corte en losa para dimensiones máximas permitidas.....	49
3.7.4.- Colocación de instalaciones sobre losa... ..	51
3.7.5.- Corte para juntas de dilatación sobre losas... ..	51
3.8.- Detalles Constructivos de losas a elementos de soporte y conexiones.....	53
3.8.1.- Conexión a Muro Milán.....	53
3.8.2.- Conexión a Muro Estructural... ..	54
3.8.3.- Conexión de Paneles con Trabe Peraltada... ..	54
3.8.4.- Conexión entre Paneles... ..	55
3.8.5.- Detalle de Banda... ..	55
3.8.6.- Acero de Refuerzo en Capitel... ..	56
3.8.7.- Acero de Refuerzo en Capitel... ..	56
3.8.8.- Trabes de Borde.....	57
3.8.9.- Trabes de Borde.....	57
3.8.10.- Detalle de Cimbra Perimetral y Colado .....	58
<b>Capitulo Cuarto.- Ventajas y Desventajas .....</b>	<b>59</b>
4.1.- Introducción.....	59

---

<b>4.2.- Ventajas</b> .....	<b>59</b>
<b>4.2.1.- Estática Estructural...</b> .....	<b>59</b>
<b>4.2.2.- Producción y Calidad</b> .....	<b>59</b>
<b>4.2.3.- Transporte</b> .....	<b>59</b>
<b>4.2.4.- Seguridad</b> .....	<b>60</b>
<b>4.2.5.- Ahorro Económico...</b> .....	<b>60</b>
<b>4.2.6.- Sustentabilidad</b> .....	<b>60</b>
<b>4.3.- Desventajas</b> .....	<b>60</b>
<b>4.4.- Comparativa del sistema</b> .....	<b>61</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>62</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>63</b>

---

---

*“La ingeniería no cura enfermedades, pero si las previene mediante el saneamiento del agua, el aire, el espacio y su intimidad”*

Ing. Ricardo Pérez Ruiz

*“La construcción es la lengua materna de la arquitectura. Un arquitecto es un poeta que piensa y habla en el idioma de la construcción”*

Auguste Perret

*Agradezco infinitamente a la universidad,*

*a mis maestros,*

*a mi familia,*

*a mi pareja,*

*y a mis amigos.*

## **Introducción**

Actualmente en México aún podemos observar la construcción de edificaciones de baja calidad que influyen negativamente en la condición de vida de los ciudadanos y el medio ambiente a pesar de la modernización del Reglamento de Construcción de la Ciudad de México; el cual marca una gran diferencia en cuanto a la construcción de edificios más resistentes para evitar colapso en caso de un sismo pero que dejan de lado factores que hoy en día forman parte importante de este ramo como: la contaminación, el ruido, vibraciones, producción de escombros, eficiencia energética y aislamiento térmico. Por ende las nuevas construcciones no están obligadas a ser sustentables.

Agregando a esto la construcción de edificios cada vez más altos en donde las condiciones naturales del suelo no son las adecuadas y generan todo un reto para la ingeniería; la cual sólo busca cumplir con las condiciones estructurales olvidando el confort y la sustentabilidad, que son considerados como gastos innecesarios y que solo aumentan el presupuesto de una obra.

Aunque no deberíamos encasillar a todos los constructores en esta posición, debido a que durante los últimos años ha tomado fuerza la tendencia a seguir la normatividad internacional, es decir, construir edificaciones seguras, con mayor confort y sustentables.

Por lo tanto la presente tesina pretende documentar un sistema constructivo denominado “Losas Bubble Deck” recién llegado a la Ciudad de México, que resuelve de manera sustentable y eficiente los inconvenientes que surgen día a día en las edificaciones y se conceptualizó en los siguientes capítulos:

**Capítulo Primero.-** Antecedentes: Aquí veremos de manera general y puntual la definición de una losa, los tipos de losas que existen y las losas aligeradas, que es el tema central de este sistema constructivo.

**Capítulo Segundo.-** Propiedades y Componentes: Hablaremos acerca de las losas

BDM, su definición, características principales, las normas en que se rige y los elementos que intervienen en su fabricación y componentes.

**Capítulo Tercero.-** Procedimiento Constructivo: Descripción detallada y esquemática del procedimiento, secuencia y programación de este sistema, anexando los detalles constructivos durante su ejecución.

**Capítulo Cuarto.-** Ventajas y Desventajas: Mencionaremos principales ventajas de este sistema, así como los posibles inconvenientes en obra.

**Conclusiones:** Externare mis conclusiones sobre el tema desarrollado y su contenido.

## **Objetivos**

### **Objetivos Generales**

Tiene como objetivo dar al ingeniero civil y constructor, una guía de pasos y recomendaciones para el uso de este nuevo sistema de losas aligeradas, esperando que este trabajo sea de utilidad para los estudiantes de ingeniería civil y carreras afines.

### **Objetivos Específicos**

- Dar a conocer el proceso constructivo de las losas Bubble Deck
- Informar al constructor sobre las ventajas de este sistema en las edificaciones
- Hacer un comparativo con otro sistema constructivo tradicional y que el constructor pueda decidir cuál mejor le conviene.

### **Justificación**

Busca ser un aporte de la universidad al conocimiento sobre nuevos sistemas constructivos, como lo son las losas Bubble Deck; Una patente de más de 15 años, que tiene utilizándose en construcciones a nivel mundial. Además de que es un sistema sustentable, concepto que ha empezado a tomar gran importancia en el ramo de la construcción.

Así mismo busca convertirse en un manual de apoyo para los constructores que piensen utilizar este sistema en su edificación y texto complementario para la formación de los futuros ingenieros y arquitectos.

## **Capítulo Primero.- Antecedentes**

Se puede afirmar en general que no hay limitaciones para el uso del concreto estructural reforzado en la construcción. Ya que su gran versatilidad y adaptabilidad de este material lo han ayudado a que exista una gran variedad de estructuras tridimensionales, por ejemplo: a) Sistemas de losas concreto reforzado: losa maciza, losa aligerada, losa en una y dos direcciones; b) Cubiertas de tipo: paraboloides hiperbólicos y domos esféricos; c) Puentes: en forma de arco, atirantado, con vigas cajón y con aletas; d) Depósitos de almacenamiento y tanques.

Formando así, una serie de elementos que interactúan entre sí para poder soportar y transferir cargas internas y externas; y que por su diseño se puedan estudiar separadamente para al final considerar la interacción con el resto de la estructura.

### **1.1.- Definición de Losas**

Son los elementos estructurales más utilizados en la construcción, que sirven para conformar pisos y techos de un edificio y que se apoyan en las trabes, columnas o muros.

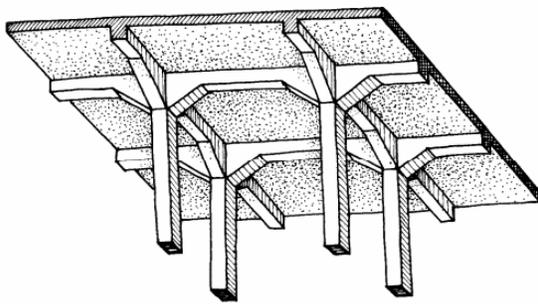
Su función estructural es transmitir las cargas gravitacionales hacia los apoyos que a su vez bajan hasta la cimentación, formando un diafragma con alta rigidez en su plano. Un punto a tomar en cuenta son las cargas verticales ya que provocan momentos flexionantes que pueden generar problemas de flecha y vibraciones; de manera que el espesor y su refuerzo son parte fundamental para definir la rigidez del sistema.

Su diseño debe estar regido para que soporte fallas a flexión, cortante o torsión para evitar así colapsos súbitos y catastróficos.

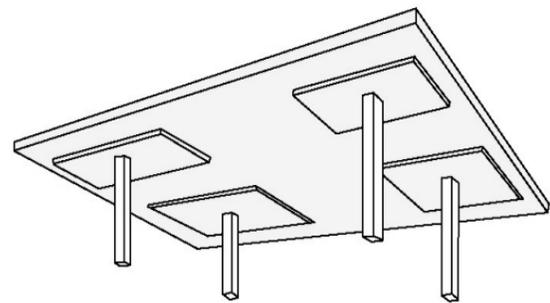
### **1.2.-Tipos de losas de concreto**

Las Normas Técnicas Complementarias (NTC-C) en el caso de losas, las clasifica en dos categorías basadas en función de las características de sus apoyos que son: losas perimetralmente apoyadas y losas planas. Cada una tiene características diferentes que derivan en un comportamiento diferente y análisis distinto.

- ***Losas perimetralmente apoyadas:*** Este sistema se basa en la distribución de las cargas de la losa hacia las trabes y posteriormente a las columnas. Estas pueden ser en una o dos direcciones.
- ***Losas planas:*** El término se refiere a la familia de estructuras en que la losa es de espesor constante y trabaja en dos direcciones transmitiendo carga generalizada a la estructura de soporte, que consiste únicamente de columnas. Las columnas pueden tener en la parte superior unas ampliaciones denominadas capiteles, o bien, una losa alrededor de la columna con mayor peralte, a la que se conoce como ábaco.



***Losa Perimetralmente Apoyada***



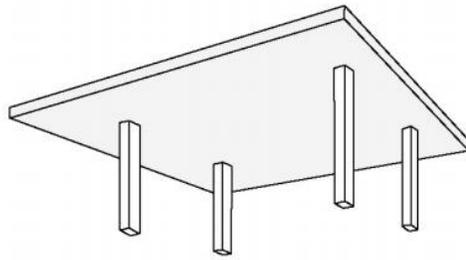
***Losa Plana***

***Fig. 1.1 Clasificación de losas por sus apoyos: Perimetralmente apoyada y Plana.***

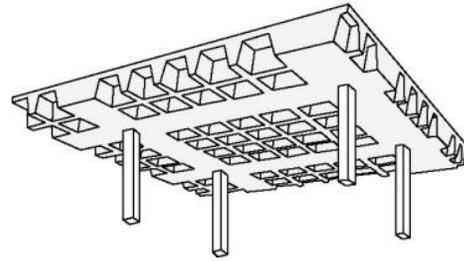
En el caso de las losas planas el uso de capiteles es imprescindible para evitar las fallas por cortante y permitir mayores claros entre su estructura de soporte.

Otra clasificación importante de las losas, dentro de las cuales se puede subdividir las anteriores es:

- ***Losas macizas:*** Son elementos estructurales de concreto armado, de sección transversal rectangular completa y espesor constante.
- ***Losas aligeradas:*** Son elementos formados por una retícula de vigas lograda por bloques huecos de plástico u otros materiales que soportan una delgada losa en su parte superior.



*Losa Maciza*

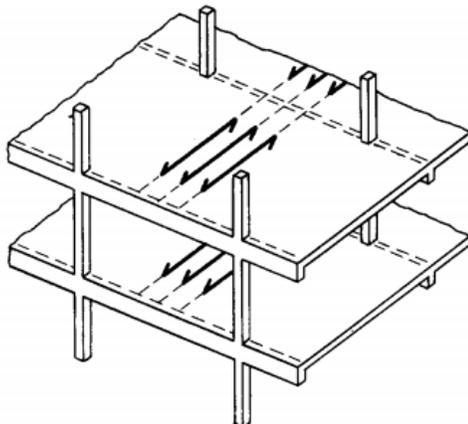


*Losa Aligerada*

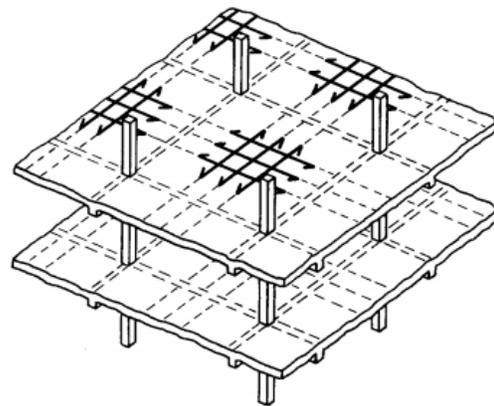
**Fig. 1.2 Clasificación de losas por sus apoyos: Perimetralmente apoyada y Plana.**

Que a su vez se subdivide en la siguiente categoría:

- **Losas unidireccionales:** Se entiende cuando las cargas verticales son transferidas hacia una sola dirección de la losa, el cual estará soportado por una trabe o viga en la dirección más corta, sin dejar de reforzar el lado más largo.
- **Losas bidireccionales:** Se considera cuando los esfuerzos se direccionan de manera ortogonal en la losa, realizando un armado en ambas direcciones para soportar las deformaciones que se ocasionen en todos sus lados.



*Losa unidireccional*



*Losa bidireccional*

**Fig. 1.3 Clasificación de losas por su forma de trabajar: unidireccional y bidireccional**

Además de las clasificaciones anteriormente mencionadas, existen otros sistemas que son variantes y se pueden clasificar de acuerdo a las características del refuerzo, es decir, entre losas con refuerzo normal y losas preesforzadas.

### **1.3.-Losas Planas aligeradas**

En lo que respecta a las losas planas aligeradas, la principal variante que se encuentra es en el material con el que se puede hacer el aligeramiento. Pueden usarse bloques huecos de mortero ligero o casetones de poliestireno expandido como materiales que quedan ahogados dentro de la losa, o moldes de fibra vidrio que se retiran posterior al fraguado. La idea fundamental es reducir el peso de la losa en la zona donde el concreto tiene los menores esfuerzos y obtener así una construcción en una o dos direcciones. Al disminuir el peso de la losa se pueden cubrir claros mayores de manera más económica.

Dentro de esta clasificación se encuentran las de una sola dirección como:

- *Losa vigueta y bovedilla*
- *Losas alveolares*

Y las bidireccionales:

- *Losa nervada o encasetonada*
- *Losa Bubble Deck*

Es muy importante que los aligeramientos se omitan cerca de las columnas, de manera que se forme una losa maciza para resistir mejor los momentos y cortantes en estas áreas, por lo tanto deben llevar ábacos o capiteles macizos que tengan una dimensión mínima de un sexto del claro correspondiente, medida desde el eje de columnas; o de 2.5 h, medida desde el paño de la columna, con el objeto de que el cono potencial de falla no atraviese huecos o casetones.

También se recomienda que las losas aligeradas que lleven volados rematen en una viga maciza cuyo ancho sea por lo menos igual al espesor de la losa o a 25 cm, y que la longitud del volado no exceda de diez veces dicho espesor.

## **Capítulo Segundo.- Losas BDM: Propiedades y Componentes**

### **2.1.- Introducción a las Losas BDM**

A partir de la década de los 90s surge un nuevo sistema de losas enlazando el espacio de aire, el acero y el concreto en una losa hueca bidireccional, dando como resultado el surgimiento de un nuevo sistema de losas aligeradas llamado *Bubble Deck*.

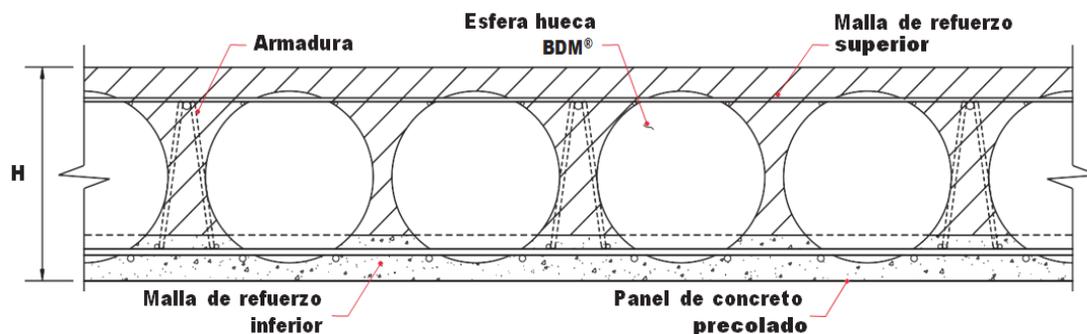
El ingeniero alemán Jorgen Breuning fue creador de esta patente y de la cual destacan los siguientes atributos: como la reducción de cargas muertas, la eliminación de elementos de soporte estructural (trabes secundarias) y el disimulo de las trabes primarias dentro del peralte de la losa permitiendo que se vea una losa plana y la adaptabilidad a cualquier geometría de proyecto.

### **2.2.- Características Principales**

Dicho Sistema se compone de una losa plana aligerada que utiliza esferas de plástico reciclado (polietileno de media densidad) encargadas de remplazar al concreto inefectivo de la losa, permitiendo que estas sean colocadas en zonas donde los momentos sean menores y los esfuerzos a compresión y tensión no se vean influenciados al distribuirse libremente en la losa. Actuando como una losa maciza en cualquier dirección, permitiendo claros más largos entre columnas.

El proceso de fabricación consiste en colocar la malla electrosoldada de refuerzo inferior, seguido de las esferas y la armadura para poder posicionar y soldar posteriormente; después colocaremos la segunda malla electrosoldada que servirá como refuerzo superior, formando una jaula de acero con las esferas en su interior.

Una vez lista la jaula se coloca sobre el refuerzo inferior la capa de 6 cm de espesor de concreto (de acuerdo a diseño), donde fraguara por 24 horas, para formar el Panel BDM.



**Fig. 2.1 Componentes del sistema**

. Otra característica de este sistema es la prelosa de 6 cm de concreto del panel funciona como cimbra y acabado.

### **2.3.- Normatividad**

Debido a la versatilidad de la losa BDM, esta puede desempeñarse como losas planas o perimetralmente apoyadas teniendo como resultado que su análisis y diseño pueda aplicarse cualquier método convencional (Método directo, Método de la estructura equivalente, Líneas de fluencia y Método de Elemento Finito) y/o sustento en los códigos, reglamentos y normas que apliquen para México. Además del uso de softwares para análisis y diseño de estructuras de concreto, como es el caso de ETABS, SAP, ECOgcW, RAM ADVANSE o softwares especializados losas como SAFE o RAM CONCEPT.

Mencionando a continuación una lista de normas que son sustento para el desempeño del sistema y que se mencionan en el Manual de Diseño de Calculo Estructural de *Danstek*:

- Reglamento de Construcciones para el Departamento del Distrito Federal. RCDF 2004. México, 2004. Reimpresión 2007.
- Normas Técnicas Complementarias Sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones. 2004. (NTC-SCA-04).
- Normas técnicas complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. 2004. (NTC-C-04).

- Normas técnicas complementarias para Diseño por Sismo. 2004. (NTC-S-04)
- Normas técnicas complementarias para Diseño por Viento. 2004. (NTC-V-04).
- Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural, ACI 318S-08,
- American Concrete Institute. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, México, 1ª impresión 2008.
- -Shear Reinforcement for Slabs. ACI 421 . 1R-99 (Reapproved 2006). Joint ACI-ASCE Committee 421. American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1999, 15pp.
- Eurocode 2: Design of Concrete Structures - Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings. December 2004.
- The Biaxial Hollow Deck. The way to new solutions. BubbleDeck® Design Guide, 5pp.
- Bubbledeck Design Guide for compliance with BCA using AS3600 and EC2. Kyng consulting pty ltd. Australia & New Zealand, October 2008. 18pp.
- Note on the Moment Capacity in a Bubble Deck Joint. Tim Gudmand- Hoyer. Lyngby 2003, 33pp.
- Technical Paper BubbleDeck® Span Guide, BubbleDeck Voided Flat Slab Solutiones. BubbleDeck® UK, St. Saviour, Jersey, January 2009

## **2.4.- Características de sus componentes**

Los materiales utilizados para la construcción del sistema son los mismos utilizados para losas de concreto reforzado. El concreto estructural es de  $F'c=250 \text{ kg/cm}^2$  hasta  $F'c=500 \text{ kg/cm}^2$  y acero refuerzo desde  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$  o  $f_y=6000 \text{ kg/cm}^2$ . Con revenimiento, vibrado y fraguado estándar.

### **2.4.1.-Esfera**

La esfera de plástico hueca utilizada está hecha de polietileno de media densidad reciclado. Manufacturada con once anillos en su geometría para darle una resistencia de 90 kg (peso promedio

de una persona) y que no tenga ninguna deformación en el momento de su transporte y el tránsito de personal en obra.

<b><i>Peralte</i></b>	<b><i>Espesor final de losa</i></b>	<b><i>Diámetro de esferacm</i></b>
<b>BDM230</b>	23	<b>18.0</b>
<b>BDM280</b>	28	<b>22.5</b>
<b>BDM340</b>	34	<b>27.0</b>
<b>BDM390</b>	39	<b>31.5</b>
<b>BDM450</b>	45	<b>36.0</b>
<b>BDM510</b>	51	<b>41.0</b>
<b>BDM600</b>	<b>60</b>	<b>50.0</b>

***Tabla 2.1 Diámetros de esfera de acuerdo al peralte de Losas BDM***

### **2.4.2.-Concreto**

El concreto empleado para la prelosa inferior colada en fábrica debe ser de resistencia estructural clase 1 con un peso volumétrico superior a 2.4 t/m<sup>3</sup>. (NTC-concreto 04. Sección 1.5.1). En su fabricación se debe de emplear cualquier cemento que cumpla con la finalidad y características de la estructura y de la norma NMX-C-414-ONNCE vigente. Mientras que los agregados pétreos deberán cumplir con los requisitos de la norma NMX-C-111 ONNCE vigente

Para la fabricación se considera agregados gruesos con peso específico superior 2.6 t/m<sup>3</sup>, para la arena debe ser andesítica u otra de mejores característica y el agua de mezclado deberá ser limpia y cumplir con los requisitos de la norma NMX-C-122 ONNCE vigente. Si contiene sustancias en solución o en suspensión que la enturbien o le produzcan olor o sabor fuera de lo común, no deberá emplearse.

Pueden utilizarse aditivos de acuerdo a las especificaciones de proyecto siempre que se autorice por el Corresponsable de Seguridad Estructural o el Director Responsable de Obra. Los aditivos deberán cumplir con los requisitos de la norma NMX-C-255-ONNCE-2013.

### **2.4.3.-Malla y Acero de Refuerzo**

El tipo de malla que se ocupa para la estructura es electrosoldada, la cual su diseño, fabricación, cortado, separación y dimensión son únicas para cada proyecto. El acero que sirve como refuerzo es la varilla corrugada la cual sirve para absorber esfuerzos a cortante.

Las varillas serán corrugadas y deberán cumplir con las normas NMX-C-407-ONNCE, NMX-B-294 o NMX-B-457, mientras que la malla cumplirá con la norma NMX-B-290.

Para el diseño se utilizará mallas con  $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$  y  $6000 \text{ kg/cm}^2$ ; debido a que el sistema BDM confina esferas en el armado, existen distintas separaciones para cada peralte utilizado, en la siguiente tabla se muestra el peralte y la separación entre varillas correspondientes a cada módulo.

<b>Peralte</b>	<b>Espesor de losa</b>	<b>Separación entre varillas</b>
<b>BDM230</b>	23 cm	10.0 cm
<b>BDM280</b>	28 cm	12.5 cm
<b>BDM340</b>	34 cm	15.0 cm
<b>BDM390</b>	39 cm	17.5 cm
<b>BDM450</b>	45 cm	20.0 cm
<b>BDM510</b>	51 cm	22.5 cm
<b>BDM600</b>	60 cm	27.5 cm

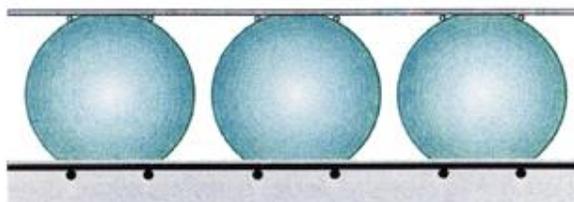
**Tabla 2.2 Separación entre varillas de acuerdo al peralte de Losas BDM**

## 2.5.- Tipos de panel y sus características

### 2.5.1.- Tipos de panel

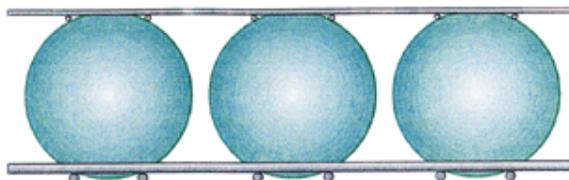
La patente danesa *Bubble Deck* es la encargada de la creación de tres diferentes tipos de paneles adecuados a cada proyecto. Entre las características particulares de cada panel se encuentran: tres metros de ancho por una longitud máxima de 12 metros y de los diferentes paneles que existen, en México solo se comercializa el *Filigree element*, el primero que vamos a mencionar a continuación:

- 1. Elementos filigrana (*filigree element*):** Panel conformado por una losa precolada de concreto ubicada en la parte inferior, donde quedan embebidas y sostenidas las esferas por las armaduras y en la parte superior una malla de acero electrosoldada. Mientras que la capa superior de concreto y los refuerzos de acero que terminan de conformar la losa son colocados en obra.



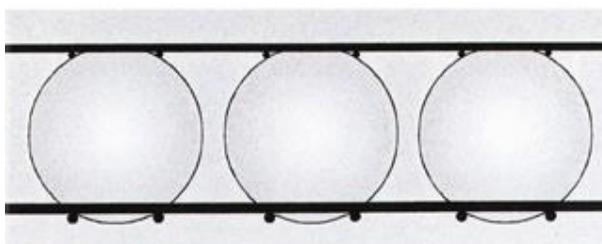
**Fig. 2.2 Panel tipo filigree element**

2. **Módulos reforzados (*Reinforcement modules*):** Son únicamente las jaulas de acero formadas por las mallas electrosoldadas y las armaduras sosteniendo las esferas. El concreto de toda la losa, los refuerzos adicionales de acero y la cimbra para la cara inferior son colocados en obra.



*Fig. 2.3 Panel tipo Reinforcement modules*

3. **Losas terminadas (*Finished slabs*):** Consiste en la entrega de los paneles con un acabado final, es decir la última capa de concreto, que en el caso del primer panel se colocaba en obra. Generalmente estas losas se utilizan apoyadas sobre vigas y para claros menores que los mencionados anteriormente.



*Fig. 2.4 Panel tipo Finished slabs*

A continuación mostraremos una tabla como indicativo de los diferentes peraltes que existen y algunas características como referencia para su selección.

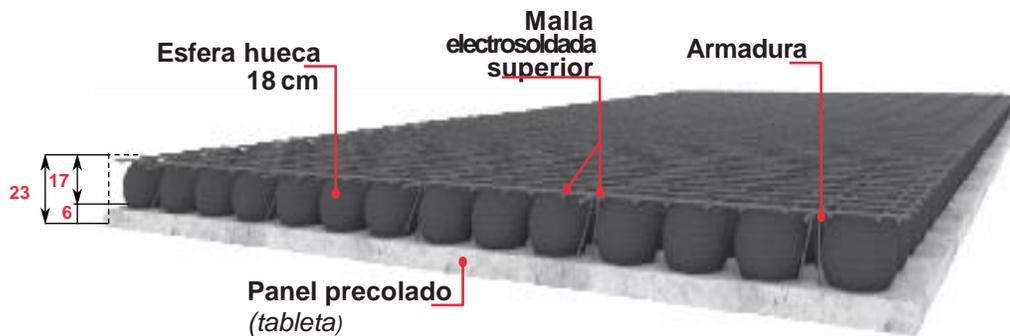
<b>Modelo</b>	<b>Espesor de losa</b>	<b>Diámetro de esferas</b>	<b>Claro continuo</b>	<b>Voladizo Longitud max.</b>	<b>Claro corto</b>
<b>1.-BD230</b>	cm <b>23</b>	cm <b>18</b>	metros <b>5 – 8.3</b>	metros <b>≤ 2.8</b>	metros <b>5 – 6.5</b>
2.-BD280	28	22.5	7 – 10.1	≤ 3.3	6 – 7.8
<b>3.-BD340</b>	<b>34</b>	<b>27</b>	<b>9 – 12.5</b>	<b>≤ 4.0</b>	<b>7 – 9.5</b>

4.-BD390	39	31.5	11 – 14.4	≤ 4.7	9 – 10.9
<b>5.-BD450</b>	<b>45</b>	<b>36</b>	<b>13 – 16.4</b>	<b>≤ 5.4</b>	<b>10 – 12.5</b>
6.-BD510 *	51	41	15 – 18.8	≤ 6.1	11 – 13.9
<b>7.-BD600 *</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>16 – 21.0</b>	<b>≤ 7.2</b>	<b>12 – 15.0</b>

Tabla 2.3 Características físicas de los paneles de acuerdo al tipo de peralte

## 2.5.2.- Paneles de acuerdo a su peralte y Características

### 2.5.2.1.-Panel BD230 Medida: 3 x 12 mts. <sup>1</sup>



Concreto	Cantidad	Unidades
<b>Peralte de losa</b>	23	Cm
<b>Peralte de Tableta</b>	6	Cm
<b>Volumen de concreto en tableta</b>	2.16	M <sup>3</sup>
<b>Peso de concreto en tableta</b>	4,752.00	Kg

Esferas	Cantidad	Unidades
<b>Diámetro de esfera</b>	18	Cm

<sup>1</sup> Danstek BDM® Losa Prefabricada. (2016). *Fichas técnicas*, primera edición.

<b>Volumen de esfera</b>	0.003	M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup>
<b>Peso de esfera</b>	0.20	Kg
<b>Numero de Esferas</b>	840	Pzas.
<b>Volumen de Esferas</b>	2.67	M <sup>3</sup>
<b>Peso total de Esferas</b>	168.00	Kg

Armadura	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de armadura</b>	0.97	Kg
<b>Peso total de armadura</b>	58.09	Kg

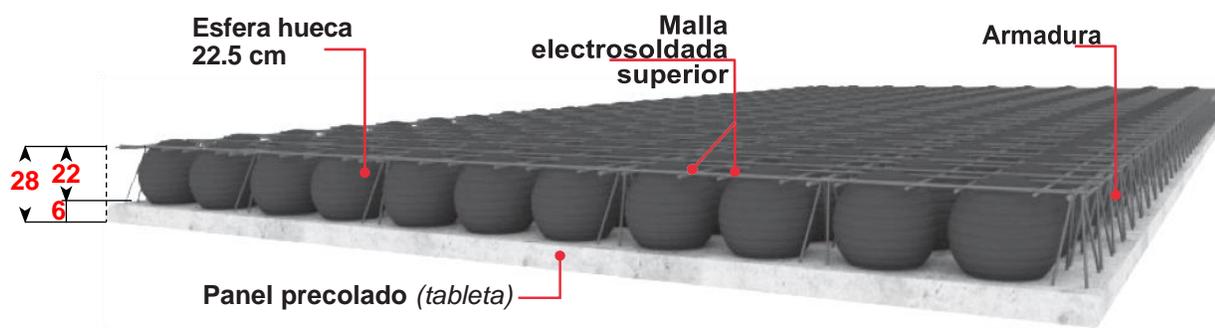
Malla Electrosoldada	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de malla Superior</b>	104.61	Kg
<b>Peso de malla inferior</b>	104.61	Kg
<b>Peso total de mallas</b>	209.23	Kg

Densidades	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Densidad de esferas</b>	23.33	Pzas./m <sup>2</sup>
<b>Densidad de armadura</b>	104.61	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de mallas</b>	5.81	Kg/m <sup>2</sup>

Peso total de la tableta	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de tableta</b>	5187.32	Kg

Volumen total de concreto	Cantidad	Unidades
<b>Volumen total de concreto en 36 m<sup>2</sup> (3 x 12 mts)</b>	3.6	M <sup>3</sup>

### 2.5.2.2-Panel BD280 Medida: 3 x 12 mts <sup>2</sup>



Concreto	Cantidad	Unidades
<b>Peralte de losa</b>	28	Cm
<b>Peralte de Tableta</b>	6	Cm
<b>Volumen de concreto en tableta</b>	2.16	M <sup>3</sup>
<b>Peso de concreto en tableta</b>	4,752.00	Kg

Esferas	Cantidad	Unidades
<b>Diámetro de esfera</b>	22.50	Cm
<b>Volumen de esfera</b>	0.006	M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup>
<b>Peso de esfera</b>	0.28	Kg

<sup>2</sup> Danstek BDM® Losa Prefabricada. (2016). *Fichas técnicas*, primera edición.

<b>Numero de Esferas</b>	528	Pzas.
<b>Volumen de Esferas</b>	3.15	M <sup>3</sup>
<b>Peso total de Esferas</b>	147.84	Kg

Armadura	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de armadura</b>	1.04	Kg
<b>Peso total de armadura</b>	62.64	Kg

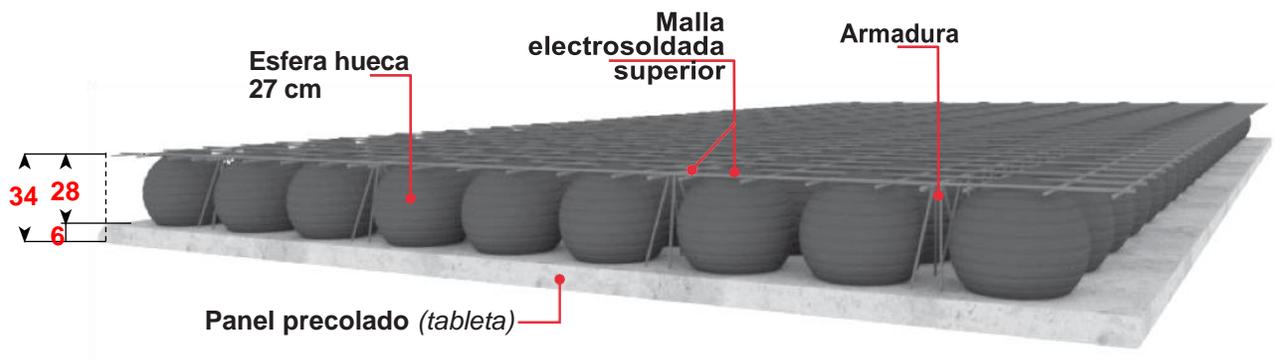
Malla de electrosoldada	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de malla Superior</b>	110.21	Kg
<b>Peso de malla inferior</b>	110.21	Kg
<b>Peso total de mallas</b>	220.42	Kg

Densidades	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Densidad de esferas</b>	14.67	Pzas/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de armadura</b>	1.74	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de mallas</b>	6.12	Kg/m <sup>2</sup>

Peso total de la tableta	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de tableta</b>	5182.90	Kg

Volumen total de concreto	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Volumen total de concreto en 36 m2 (3 x 12 mts)</b>	4.68	M <sup>3</sup>

### 2.5.2.3.-Panel BD340 Medida: 3 x 12 mts<sup>3</sup>



Concreto	Cantidad	Unidades
<b>Peralte de losa</b>	34	Cm
<b>Peralte de Tableta</b>	6	Cm
<b>Volumen de concreto en tableta</b>	2.16	M <sup>3</sup>
<b>Peso de concreto en tableta</b>	4,752.00	Kg

Esferas	Cantidad	Unidades
<b>Diámetro de esfera</b>	27	Cm
<b>Volumen de esfera</b>	0.010	M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup>
<b>Peso de esfera</b>	0.36	Kg
<b>Numero de Esferas</b>	360	Pzas.
<b>Volumen de Esferas</b>	3.71	M <sup>3</sup>
<b>Peso total de Esferas</b>	129.6	Kg

Armadura	Cantidad	Unidades
----------	----------	----------

<sup>3</sup> Danstek BDM® Losa Prefabricada. (2016). *Fichas técnicas*, primera edición.

<b>Peso de armadura</b>	1.15	Kg
<b>Peso total de armadura</b>	54.97	Kg

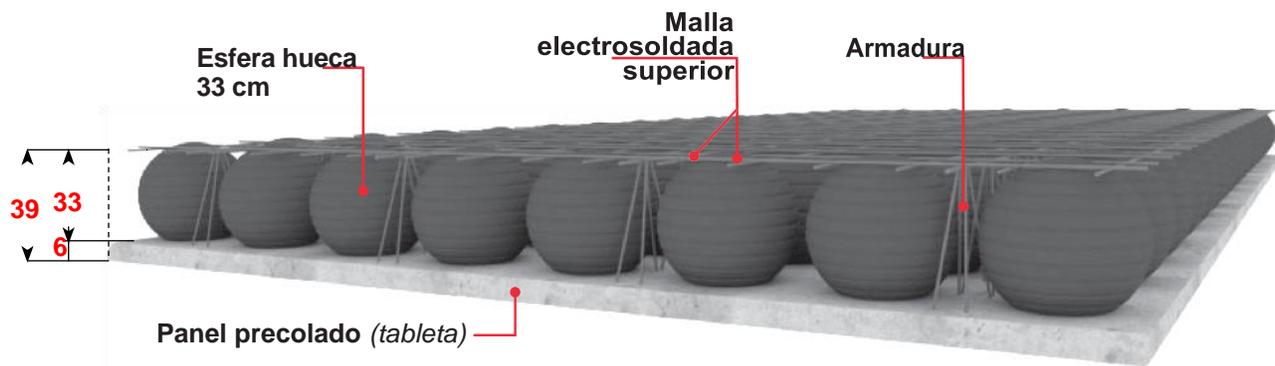
Malla de electrosoldada	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de malla Superior</b>	143.91	Kg
<b>Peso de malla inferior</b>	143.91	Kg
<b>Peso total de mallas</b>	287.82	Kg

Densidades	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Densidad de esferas</b>	10	Pzas/m2
<b>Densidad de armadura</b>	1.53	Kg/m2
<b>Densidad de mallas</b>	8.00	Kg/m2

Peso total de la tableta	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de tableta</b>	5224.39	Kg

Volumen total de concreto	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Volumen total de concreto en 36 m2 (3 x 12 mts)</b>	6.12	M <sup>3</sup>

### 2.5.2.4.-Panel BDM 390 Medida: 3 x 12 mts <sup>4</sup>



Concreto	Cantidad	Unidades
<b>Peralte de losa</b>	39	Cm
<b>Peralte de Tableta</b>	6	Cm
<b>Volumen de concreto en tableta</b>	2.16	M <sup>3</sup>
<b>Peso de concreto en tableta</b>	4,752.00	Kg

Esferas	Cantidad	Unidades
<b>Diámetro de esfera</b>	33	Cm
<b>Volumen de esfera</b>	0.019	M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup>
<b>Peso de esfera</b>	0.68	Kg
<b>Numero de Esferas</b>	256	Pzas
<b>Volumen de Esferas</b>	4.82	M <sup>3</sup>
<b>Peso total de Esferas</b>	174.08	Kg

<sup>4</sup> Danstek BDM® Losa Prefabricada. (2016). *Fichas técnicas*, primera edición.

Armadura	Cantidad	Unidades
<b>Peso de armadura</b>	1.26	Kg
<b>Peso total de armadura</b>	60.63	Kg

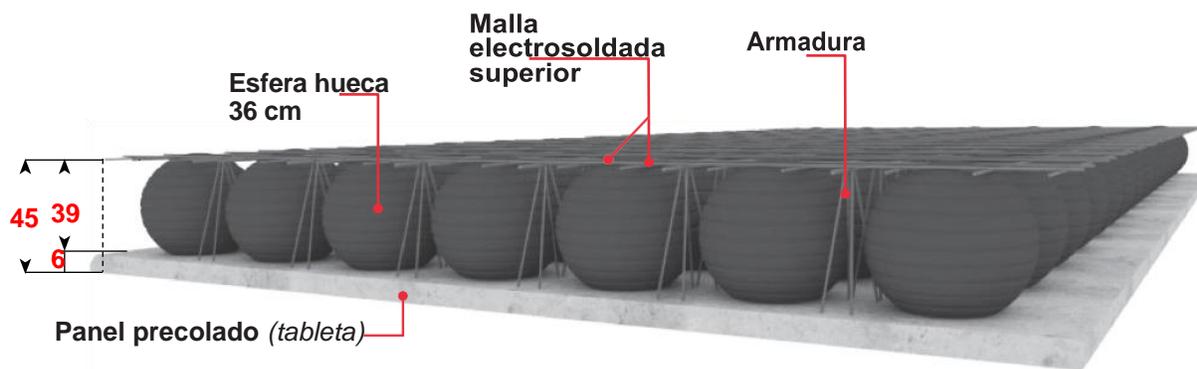
Malla de electrosoldada	Cantidad	Unidades
<b>Peso de malla Superior</b>	141.80	Kg
<b>Peso de malla inferior</b>	141.80	Kg
<b>Peso total de mallas</b>	282.16	Kg

Densidades	Cantidad	Unidades
<b>Densidad de esferas</b>	7.11	Pzas/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de armadura</b>	1.68	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de mallas</b>	282.16	Kg/m <sup>2</sup>

Peso total de la tableta	Cantidad	Unidades
<b>Peso de tableta</b>	5268.87	Kg

Volumen total de concreto	Cantidad	Unidades
<b>Volumen total de concreto en 36 m2 (3 x 12 mts)</b>	7.2	M <sup>3</sup>

### 2.5.2.5.-Panel BDM 450 Medida: 3 x 12 mts <sup>5</sup>



Concreto	Cantidad	Unidades
<b>Peralte de losa</b>	45	Cm
<b>Peralte de Tableta</b>	6	Cm
<b>Volumen de concreto en tableta</b>	2.16	M <sup>3</sup>
<b>Peso de concreto en tableta</b>	4,752.00	Kg

Esferas	Cantidad	Unidades
<b>Diámetro de esfera</b>	36	Cm
<b>Volumen de esfera</b>	0.024	M <sup>3</sup>
<b>Peso de esfera</b>	0.81	Kg
<b>Numero de Esferas</b>	210	Pzas
<b>Volumen de Esferas</b>	0.14	M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup>
<b>Peso total de Esferas</b>	170.10	Kg

<sup>5</sup> Danstek BDM® Losa Prefabricada. (2016). *Fichas técnicas*, primera edición.

Armadura	Cantidad	Unidades
<b>Peso de armadura</b>	1.32	Kg
<b>Peso total de armadura</b>	95.32	Kg

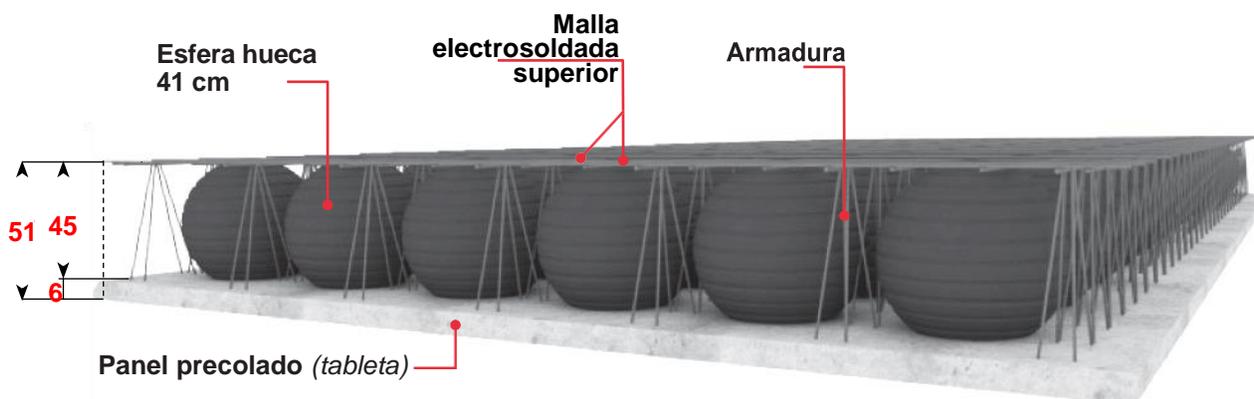
Malla electrosoldada	Cantidad	Unidades
<b>Peso de malla Superior</b>	237.30	Kg
<b>Peso de malla inferior</b>	237.30	Kg
<b>Peso total de mallas</b>	474.60	Kg

Densidades	Cantidad	Unidades
<b>Densidad de esferas</b>	5.83	Pzas/m2
<b>Densidad de armadura</b>	2.65	Kg/m2
<b>Densidad de mallas</b>	13.18	Kg/m2

Peso total de la tableta	Cantidad	Unidades
<b>Peso de tableta</b>	5492.02	Kg

Volumen total de concreto	Cantidad	Unidades
<b>Volumen total de concreto en 36 m2 (3 x 12 mts)</b>	7.2	M <sup>3</sup>

### 2.5.2.6.-Panel BDM 510 Medida: 3 x 12 mts <sup>6</sup>



Concreto	Cantidad	Unidades
<b>Peralte de losa</b>	51	Cm
<b>Peralte de Tableta</b>	6	Cm
<b>Volumen de concreto en tableta</b>	2.16	M <sup>3</sup>
<b>Peso de concreto en tableta</b>	4,752.00	Kg

Esferas	Cantidad	Unidades
<b>Diámetro de esfera</b>	41	Cm
<b>Volumen de esfera</b>	0.036	M <sup>3</sup>
<b>Peso de esfera</b>	1.2	Kg
<b>Numero de Esferas</b>	156	Pzas
<b>Volumen de Esferas</b>	0.16	M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup>
<b>Peso total de Esferas</b>	187.20	Kg

Armadura	Cantidad	Unidades
----------	----------	----------

<sup>6</sup> Danstek BDM® Losa Prefabricada. (2016). *Fichas técnicas*, primera edición.

<b>Peso de armadura</b>	1.42	Kg
<b>Peso total de armadura</b>	119.24	Kg

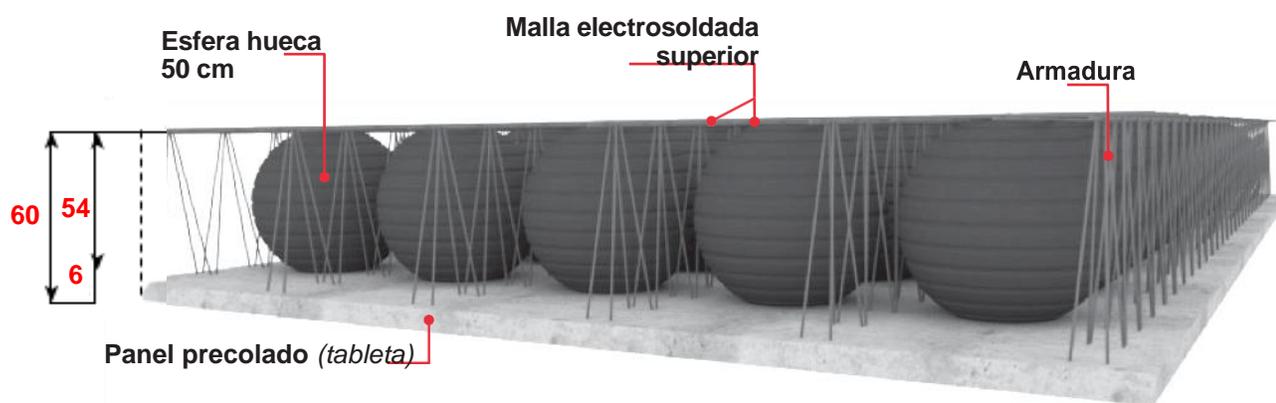
Malla de electrosoldada	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de malla Superior</b>	209.50	Kg
<b>Peso de malla inferior</b>	209.50	Kg
<b>Peso total de mallas</b>	418.99	Kg

Densidades	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Densidad de esferas</b>	4.33	Pzas/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de armadura</b>	3.31	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de mallas</b>	11.64	Kg/m <sup>2</sup>

Peso total de la tableta	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de tableta</b>	5477.43	Kg

Volumen total de concreto	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Volumen total de concreto en 36 m2 (3 x 12 mts)</b>	10.44	M <sup>3</sup>

### 2.5.2.7.-Panel BDM 600: 3 x 12 mts<sup>7</sup>



Concreto	Cantidad	Unidades
<b>Peralte de losa</b>	60	Cm
<b>Peralte de Tableta</b>	6	Cm
<b>Volumen de concreto en tableta</b>	0.19	M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup>
<b>Peso de concreto en tableta</b>	4,752.00	Kg

Esferas	Cantidad	Unidades
<b>Diámetro de esfera</b>	50	Cm
<b>Volumen de esfera</b>	0.065	M <sup>3</sup>
<b>Peso de esfera</b>	2.50	Kg
<b>Numero de Esferas</b>	105	Pzas
<b>Volumen de Esferas</b>	6.87	M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup>
<b>Peso total de Esferas</b>	262.50	Kg

Armadura	Cantidad	Unidades
----------	----------	----------

<sup>7</sup> Danstek BDM® Losa Prefabricada. (2016). *Fichas técnicas*, primera edición.

<b>Peso de armadura</b>	1.56	Kg
<b>Peso total de armadura</b>	112.52	Kg

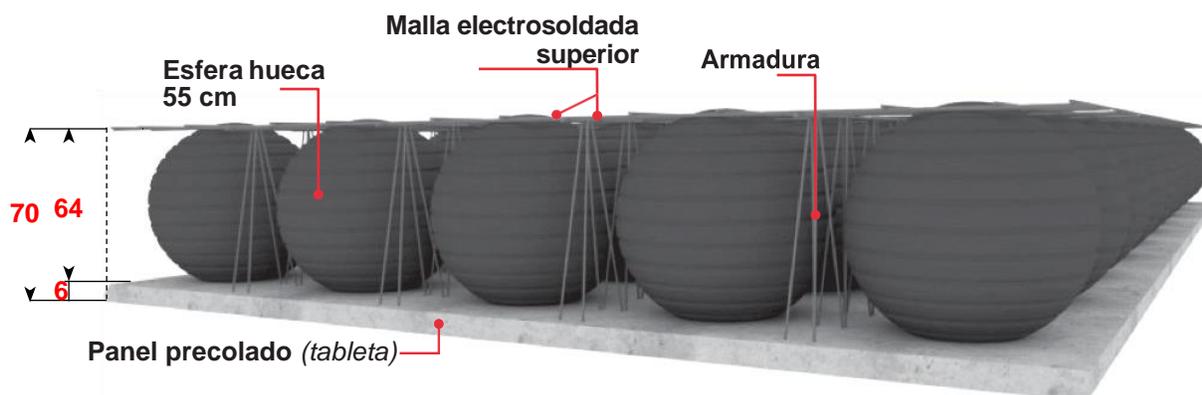
Malla electrosoldada	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de malla Superior</b>	247.79	Kg
<b>Peso de malla inferior</b>	247.79	Kg
<b>Peso total de mallas</b>	495.58	Kg

Densidades	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Densidad de esferas</b>	2.91	Pzas/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de armadura</b>	3.13	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de mallas</b>	13.77	Kg/m <sup>2</sup>

Peso total de la tableta	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de tableta</b>	5622.60	Kg

Volumen total de concreto	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Volumen total de concreto en 36 m2 (3 x 12 mts)</b>	12.16	M <sup>3</sup>

### 2.5.2.8.-Panel BDM 700<sup>8</sup>



Concreto	Cantidad	Unidades
<b>Peralte de losa</b>	70	Cm
<b>Peralte de Tableta</b>	6	Cm
<b>Volumen de concreto en tableta</b>	2.16	M <sup>3</sup>
<b>Peso de concreto en tableta</b>	4,752.00	Kg

Esferas	Cantidad	Unidades
<b>Diámetro de esfera</b>	50	Cm
<b>Volumen de esfera</b>	0.087	M <sup>3</sup>
<b>Peso de esfera</b>	3.00	Kg
<b>Numero de Esferas</b>	100	Pzas
<b>Volumen de Esferas</b>	0.24	M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup>
<b>Peso total de Esferas</b>	300	Kg

Armadura	Cantidad	Unidades
----------	----------	----------

<sup>8</sup> Danstek BDM® Losa Prefabricada. (2016). *Fichas técnicas*, primera edición.

<b>Peso de armadura</b>	1.67	Kg
<b>Peso total de armadura</b>	80.32	Kg

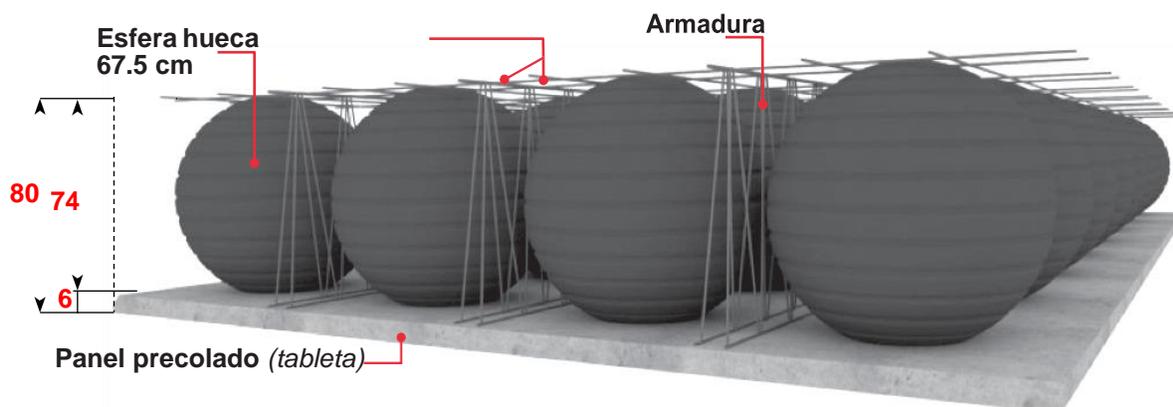
Malla electrosoldada	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de malla Superior</b>	237.31	Kg
<b>Peso de malla inferior</b>	237.31	Kg
<b>Peso total de mallas</b>	13.18	Kg

Densidades	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Densidad de esferas</b>	2.77	Pzas/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de armadura</b>	2.23	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de mallas</b>	13.18	Kg/m <sup>2</sup>

Peso total de la tableta	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de tableta</b>	5,606.95	Kg

Volumen total de concreto	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Volumen total de concreto en 36 m2 (3 x 12 mts)</b>	14.1948	M <sup>3</sup>

### 2.5.2.9.-Panel BDM 800<sup>9</sup>



Concreto	Cantidad	Unidades
<b>Peralte de losa</b>	80	Cm
<b>Peralte de Tableta</b>	6	Cm
<b>Volumen de concreto en tableta</b>	2.16	M <sup>3</sup>
<b>Peso de concreto en tableta</b>	4,752.00	Kg
Esferas	Cantidad	Unidades
<b>Díámetro de esfera</b>	67.50	Cm
<b>Volumen de esfera</b>	0.161	M <sup>3</sup>
<b>Peso de esfera</b>	3.00	Kg
<b>Numero de Esferas</b>	64	Pzas
<b>Volumen de Esferas</b>	0.28	M <sup>3</sup> /M <sup>2</sup>
<b>Peso total de Esferas</b>	192.00	Kg
Armadura	Cantidad	Unidades

<sup>9</sup> Danstek BDM® Losa Prefabricada. (2016). *Fichas técnicas*, primera edición.

<b>Peso de armadura</b>	1.94	Kg
<b>Peso total de armadura</b>	69.93	Kg

Malla electrosoldada	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de malla Superior</b>	195.14	Kg
<b>Peso de malla inferior</b>	195.14	Kg
<b>Peso total de mallas</b>	390.28	Kg

Densidades	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Densidad de esferas</b>	1.77	Pzas/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de armadura</b>	1.94	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Densidad de mallas</b>	390.28	Kg/m <sup>2</sup>

Peso total de la tableta	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso de tableta</b>	5404.21	Kg

Volumen total de concreto	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
<b>Volumen total de concreto en 36 m2 (3 x 12 mts)</b>	16.704	M <sup>3</sup>

## Capítulo Tercero.- Losas BDM: Proceso Constructivo

### 3.1-Planeación

Como parte fundamental de todo proceso constructivo, es necesario realizar a detalle una planeación previa a la construcción del proyecto, que inicia desde la concepción del mismo hasta la entrega de la obra en funcionamiento siendo esta la clave del éxito para una correcta ejecución.

Partiendo de esta base, con el sistema de losas *Bubble Deck* se busca cambiar un poco el concepto de trabajar a lo mexicano, implementando la planeación como parte vital del proceso constructivo y evitando así los dichos contratiempos en obra y generación de costos extraordinarios.

El promedio de tiempo que se debe considerar antes de iniciar el proyecto y la entrega de los paneles, deberá ser de 3 meses con anticipación, ya que es el periodo en que se tarda la empresa fabricante en realizar los cálculos y diseño del sistema hasta la entrega en obra. Por tal motivo se mencionaran a continuación las etapas que se requieren seguir para un buen funcionamiento de este sistema antes de su instalación.

1. El cliente entra en contacto con la empresa fabricante de este sistema y envía una copia del proyecto ejecutivo (planos arquitectónicos, estructurales e instalaciones) en formato .dwg y memorias de cálculo, diseño y secciones.
2. Por parte de la empresa fabricante se hace un nuevo diseño estructural basado en el sistema de losas *Bubble Deck* y pasa a revisión por el cliente.
3. Ya autorizado el sistema de losas *Bubble Deck*, se inicia el desarrollo de un programa de producción de piezas, planos de instalación y entregas en sitio. Para este paso es muy importante tener en cuenta la zona donde se encuentra la obra y revisar los siguientes puntos:

- a. Restricciones del sitio para poder acceder con los camiones que transportaran los paneles.
  - b. La ubicación y tipo de grúa.
  - c. Tener definido el lugar de almacenamiento para módulos pequeños.
  - d. Y cómo será la secuencia de montaje de los paneles.
4. Definir el tipo y diseño de apuntalamiento a usar. La empresa fabricante da al cliente una serie de recomendaciones en cuanto a las distancias recomendables para el apuntalamiento.
  5. Preparación de planos de taller e instalaciones.
  6. Enumeración de las tabletas de acuerdo a montaje para su producción y posteriormente transportación.

### 3.2-Transportación y almacenaje

El transporte se realiza a partir de plataformas con superficie plana de entre 12 a 13.6 metros de largo, sin incluir la cabina del chofer. Apilando los paneles sobre polines de 50 mm entre cada capa, hasta llegar a los 2.5 metros de altura. Llegando a la obra se comenzara la descarga de los paneles de acuerdo al orden y programa de montaje, a excepción de algún retraso en obra, podrán los paneles almacenarse pero siguiendo las siguientes recomendaciones:



*Fig. 3.1 Transportación de los paneles*

1. Estibados de manera transversal, sobre polines de madera.

2. Los polines deberán colocarse entre las hileras de esferas, por encima de la malla de refuerzo superior.
3. La separación de los polines será de máximo 2.4 metros entre sí.
4. Deberán estar sobre una superficie plana, nivelada y libre de suciedad y otros materiales.
5. El máximo de paneles apilados será de 10 capas.

### 3.2.1.- Izaje

La descarga de los paneles en la obra será de la siguiente manera:

1. Cada panel será izado por medio de eslingas que pasan alrededor o debajo de los emparrillados, o con ganchos de elevación anclados alrededor de las armaduras. Estos deberán estar atados por debajo de los ángulos superiores de las diagonales de la armadura, nunca en la malla de refuerzo superior, por cuestiones de seguridad.



**Fig. 3.2 Ubicación del gancho de izaje**

2. Se requiere el uso de 8 ganchos de izaje, en 2 hileras paralelas de 4 ganchos cada uno atado alrededor de las armaduras posicionadas aproximadamente a  $L/5$  de la longitud total del panel. (Fig. 3.2)

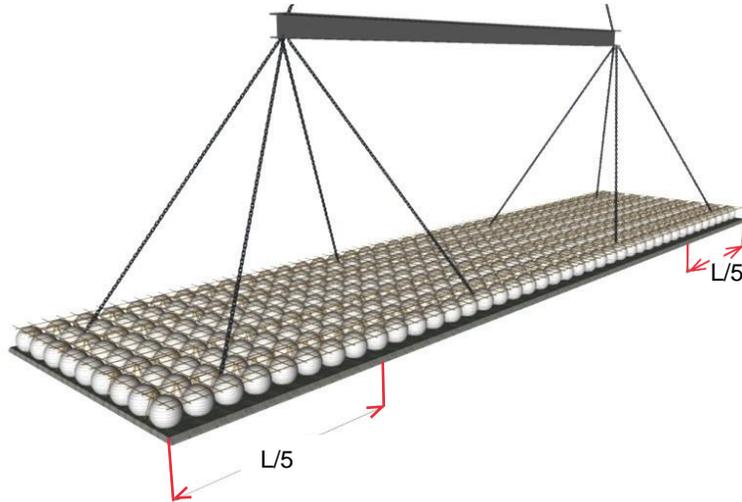


**Fig. 3.3 Elevación del panel**

3. La parte superior del sistema de izaje (4 cadenas) debe tener un mínimo de longitud de 6 metros. Las ramificaciones o cadenas de los ganchos de izaje deben tener la misma longitud. Cuando este en uso, debe tomarse en cuenta que las fuerzas de elevación deben ser iguales en cada gancho o punto y el

elemento debe estar horizontal durante todo el proceso.

Como recomendación todo el equipo de izaje debe estar probado y certificado, capaz de izar un mínimo de 2 toneladas. Antes de levantar, habrá que atar cuerdas adecuadas en dos esquinas opuestas del elemento para guiarlo a su posición final en las vigas de apuntalamiento.



*Fig. 3.4 Procedimiento correcto de izaje para los paneles*

### 3.3.- Apuntalamiento

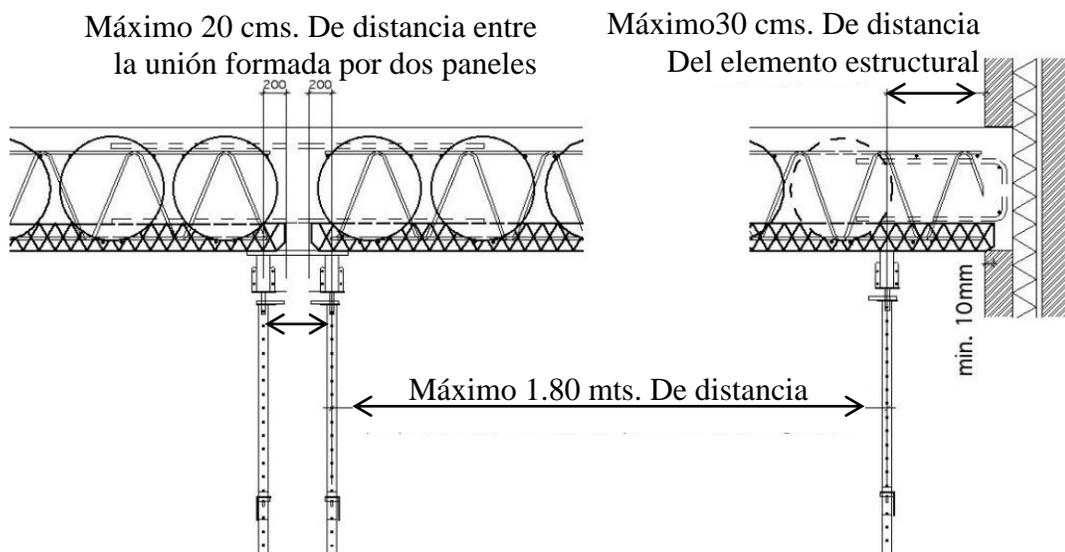


*Fig. 3.5 Cimbrado de paneles*

Se denomina como apuntalamiento temporal a las vigas y puntales encargadas de soportar el peso de los paneles prefabricados, el concreto colado en sitio y las cargas adicionales generadas después del colado. Por lo consiguiente la empresa fabricante da una serie de recomendaciones que el constructor debe seguir al momento de realizar el apuntalamiento, ya que al momento de ser enviadas los paneles prefabricados a la obra la prelosa no cuentan aun el 100% de su resistencia final.

Es primordial por parte del constructo diseñar un plano de apuntalamiento para prevenir inconvenientes en obra y que cumpla con las recomendaciones mencionadas a continuación:

- La colocación de las vigas debe ser de sentido paralelo a la dirección de los refuerzos interiores del panel (armadura) y con una separación máxima de 1.80 metros entre ellos. Véase detalle en la Fig.
- La separación máxima permitida entre el elemento estructural de soporte (muros y/o columnas) y el puntal será de 30 cm. Véase detalle en la Fig.
- La unión que se forma entre dos paneles también deberá ir apuntalada, dejando como máximo una separación de 20 cm entre puntales. Véase detalle en la Fig. 3.6



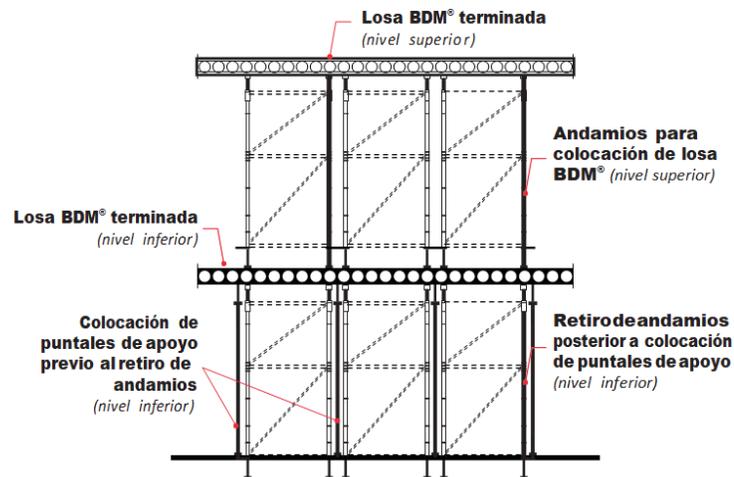
**Fig. 3.6 Dimensiones máximas de apuntalamiento**

- Antes de la colocación de los paneles; las vigas y puntales ya deben estar asegurados y sobre una superficie nivelada para evitar así cualquier tipo de daño en el panel prefabricado.

Ahora bien, después de haber colado la primera losa necesitaremos empezar a cimbrar las losas subsecuentes, por lo tanto también es importante tener en cuenta las

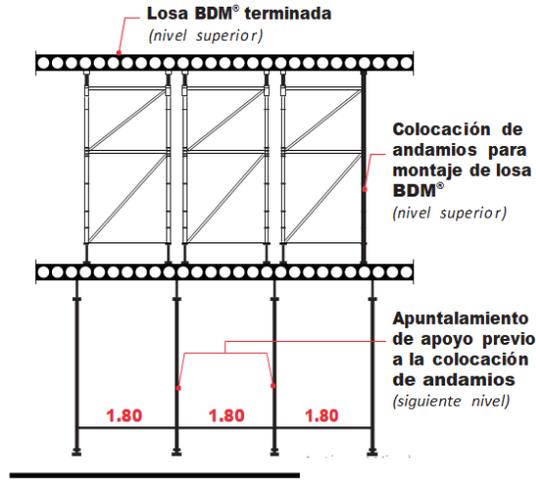
siguientes recomendaciones:

- De acuerdo con el tiempo y tipo de fraguado del concreto vaciado en la losa, se estima que después de 5 días del colado y/o hasta que haya alcanzado por lo menos el 60% de su resistencia se podrán retirar los andamios y vigas de las losas.
- Colocar puntales de apoyo que irán en intervalos de 1.8 m (sin vigas paralelas) al menos a la mitad o al tercio del claro (dependiendo de la longitud del claro involucrado) para posteriormente remover los andamios de la losa inferior.



**Fig. 3.7 Primer paso para el apuntalamiento de la losa inferior**

- Los andamios anteriormente retirados se colocaran sobre la losa ya terminada para utilizarse como cimbra para la nueva losa. Y así consecutivamente.



**Fig. 3.8 Segundo paso el apuntalamiento de losas subsecuentes.**

### **3.4.- Colocación y fijación de los paneles a los elementos de soporte.**

El siguiente paso después del apuntalamiento es la colocación y fijación de los paneles a los elementos de soporte (muros y/o columnas), para esto es importante mencionar algunos tipos de refuerzos que ocuparemos para la correcta ejecución:

- Acero de conexión. (Véase detalle en el Cap. 3, Fig. 3.8.1 a 3.8.4, pág. 53-55)
- Acero de refuerzo interior. (Véase detalle en el Cap. 3, Fig. 3.8.4, pág. 53)
- Armaduras en la losa. (Véase detalle en el Cap. 3, pág. 53 en adelante)
- Grapas o pasadores perimetrales.
- Pernos de cortante en columnas. (Véase detalle en el Cap. 3, Fig. 3.8.6, pág. 56)
- Acero superior de refuerzo. (Véase detalle en el Cap. 3, Fig. 3.8.4 y 3.8.7, pág. 55-56)

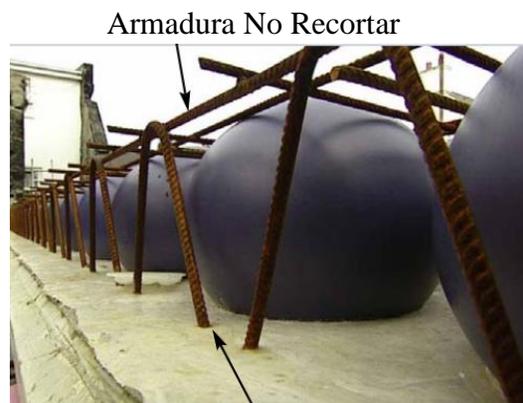
Para la correcta colocación de las losas, el fabricante hace entrega de un juego de planos de montaje e instalación, donde los paneles se entregan marcados para guiar el orden en el cual deban descargarse y ser colocados.

Como recomendación del fabricante es muy importante que los paneles al momento del montaje y colocación sobre la cimbra se encuentren bien alineados y sigan el mismo patrón las esferas en las losas subsecuentes, esto es para facilitar la colocación del acero de conexión que se desempeña como refuerzo de unión entre paneles; para lo cual es preferible que después de haber colocado el primer panel se inserten las barras de refuerzo facilitando así la conexión con el panel subsecuente.



***Fig. 3.9 Alineación de paneles y colocación de acero de conexión***

Es muy importante recordar que en caso de que se requiera hacer algún ajuste en obra, se tiene que evitar el corte de las armaduras y acero de refuerzo superior ya tienen una función estructural.



***Fig. 3.10 Evita recortes en áreas mencionadas***

### 3.5.- Cimbra Perimetral

Esta será colocada después de haber fijado los refuerzos perimetrales y será de la siguiente manera:

1. Se Fijaran tiras de 1.00 x .50 mts. a lo largo del perímetro en la parte superior e inferior. La parte inferior de la tira se fijara al sistema de puntales, mientras que la parte superior será a los tornillos previamente colocados en la parte superior de la cimbra a la malla de refuerzo superior.
2. La cimbra se podrá retirar de 3 a 5 días después del colado en sitio y siempre y cuando las primeras pruebas de concreto confirmen que se ha adquirido al menos un 60% de su resistencia final.



*Fig. 3.11 Detalle del cimbrado perimetral del panel*

### 3.6.- Colado de losa

Como en cualquier tipo de estructura en la que se va a requerir el uso de concreto, es importante una revisión previa de los elementos a colar para asegurar la resistencia y durabilidad. Por lo tanto se describirán una serie de recomendaciones básicas a revisar antes del colado:

- Que los elementos de soporte como columnas y/o muros se encuentren colados hasta un nivel bajo de losa, esto es para lograr una correcta adición del panel. En caso de no cumplir con este requerimiento, será

necesario remover el concreto sobrante de los soportes.

- Que el armado de la estructura se encuentre conforme a la indicación de los planos.
- Retirar el material sobrante y ajeno a la estructura.
- Que la superficie a colar se encuentre limpia de suciedad y humedecida.
- No olvidar que al momento de hacer la cuantificación del volumen de concreto, no se toma el peralte total de la losa ya que las esferas ocupan parte del volumen dentro del peralte de la losa.

Y como referencia a esto, proporcionamos una tabla de apoyo donde se muestra el volumen de concreto por m<sup>2</sup> que se necesita en los diferentes peraltes de losa, así como el tipo de agregado máximo recomendable.

Tipo de losa	Espesor final	Primeros 90 cm de colado m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Colado final de Concreto m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Tamaño de agregado
<b>BDM230</b>	230 mm	0.070	0.10	10 mm
<b>BDM280</b>	280 mm	0.072	0.13	10 mm
<b>BDM340</b>	340 mm	0.075	0.17	15 mm
<b>BDM390</b>	390 mm	0.078	0.20	15 mm
<b>BDM450</b>	450 mm	0.081	0.242	15 mm
<b>BDM510</b>	510 mm	0.085	0.29	15 mm
<b>BDM600</b>	600 mm	0.087	0.338	15 mm
<b>BDM700</b>	700 mm	0.102	0.3943	15 mm
<b>BDM800</b>	800 mm	0.116	0.464	15 mm

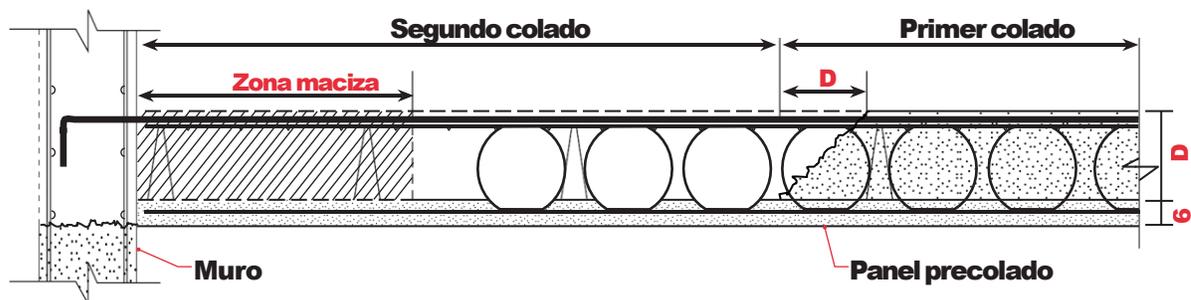
***Tabla 3.1 Tamaño máximo de agregado de acuerdo al peralte de losa BDM***

Después de haberse asegurado que el área a colar se encuentre en las óptimas condiciones se proseguirá con el vertido del concreto, para lo cual el sistema de losas BDM requiere que este se realice en dos etapas: la primera donde se realizara un vaciado de concreto autonivelante de 70-100 mm de profundidad, seguido de que empiece el fraguado se realizara el segundo colado donde se obtendrá el peralte de losa indicado. Hay que tomar en cuenta que los dos concretos queden bien ligados,

para prever la formación de juntas constructivas.

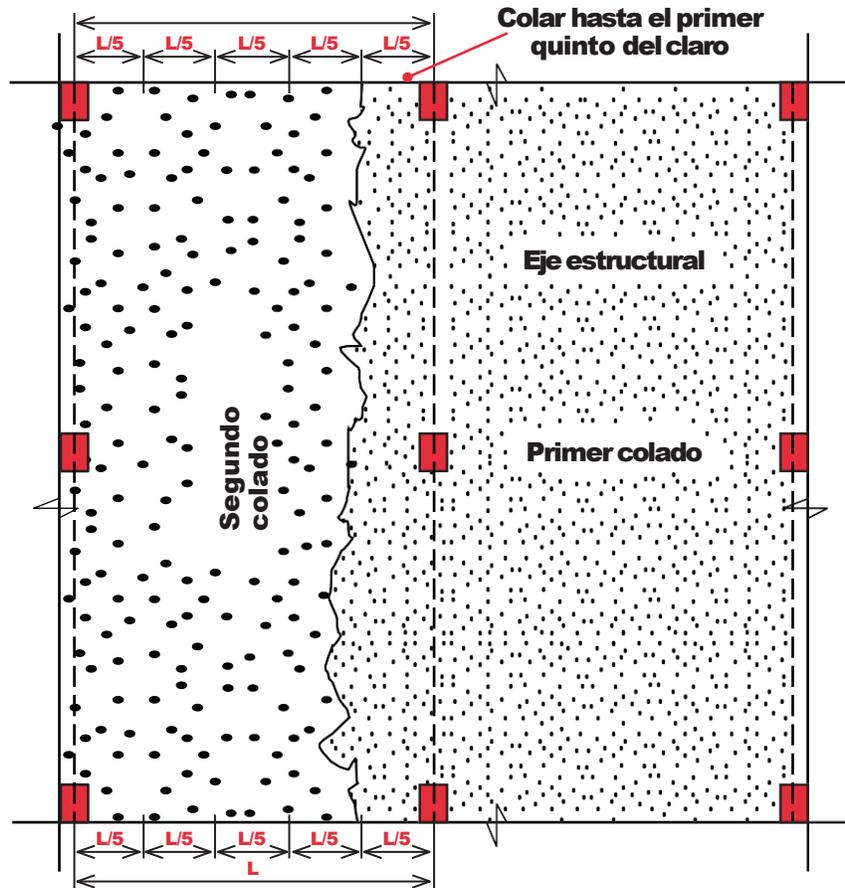
Para que esto no ocurra, se darán una lista de pasos para lograr un correcto colado en la losa:

1. Identificar los quintos del claro ( $L/5$ ) de la losa y marcar con un reventón el primero después del eje estructural. (Véase detalle en fig. 3.13)
2. Delimitar la distancia ( $D$ ) a la que le corresponde un ángulo de  $45^\circ$  con un reventón, donde  $D = h$  de losa  $- 6\text{cm}$ . Esta sección es mejor conocida como donde se interrumpió el colado. (Véase detalle en fig. 3.12)



*Fig. 3.12 Vista en corte del terminado del primer colado*

3. Una vez teniendo marcados los quintos del claro se comenzará con el primer colado, para lo cual se requiere en primera instancia vaciar el concreto en los elementos de soporte (muros y/o columnas) para después consecutivamente proceder a iniciar con el colado de la losa, el cual será del centro de la losa hacia los bordes de los reventones. (Véase detalle en fig. 3.13)



**Fig. 3.13 Procedimiento detallado para un colado correcto**

4. Al momento de iniciar el segundo colado, el primero ya deberá estar endurecido, por lo tanto se agregará un aditivo para unir concreto viejo con concreto nuevo en la cara a 45°, este segundo colado tendrá que cubrir toda la superficie restante por colar de la losa.

Pero como en toda etapa de colado hay que tener en cuenta que ciertas actividades por más que parezcan simples o repetitivas el hecho de ejecutarlas de manera correcta se puede prever a la aparición de futuras consecuencias o daños a la estructura. Por lo tanto es preferible seguir las siguientes recomendaciones:

- Al momento de ir vaciando el concreto es recomendable distribuirlo a través de toda el área para evitar que se acumule.

- Para compactar la mezcla y remover cualquier burbuja de aire del concreto es necesario utilizar un vibrador delgado, asegurando así el flujo alrededor de las esferas. Es importante recordar no pegar el vibrador a la cimbra, acero de refuerzo y/o esferas, ya que los espacios entre estas son limitados y pueden provocar una segregación en la mezcla.
- Una vez vaciado el concreto se puede ocupar una viga de acero y/o un pulidor de concreto para nivelar la losa y darle un mejor acabado a la superficie.
- En caso de pronóstico de lluvia es preferible posponer el colado y reprogramarlo para evitar que llueva sobre el concreto fresco o si se inició el colado (Primero o Segundo) y comienza a llover se deberá cubrir la zona para evitar que se segregue el concreto y pierda sus propiedades. Sin olvidar el corte a 45° en la parte donde se interrumpió el colado.
- Se deberá realizar la prueba de revenimiento al concreto, así como tener el mismo  $F'c$  del primer concreto vaciado.

### **3.7.- Instalaciones**

Un tema fundamental y primordial para las edificaciones con losas de concreto son las instalaciones, ya que si por error se omitiera alguna tubería o se hiciera alguna modificación en el proyecto se concluye por realizar pasos a través de trabes dañando la estructura o dejando las instalaciones por el exterior arruinando la fachada del edificio.

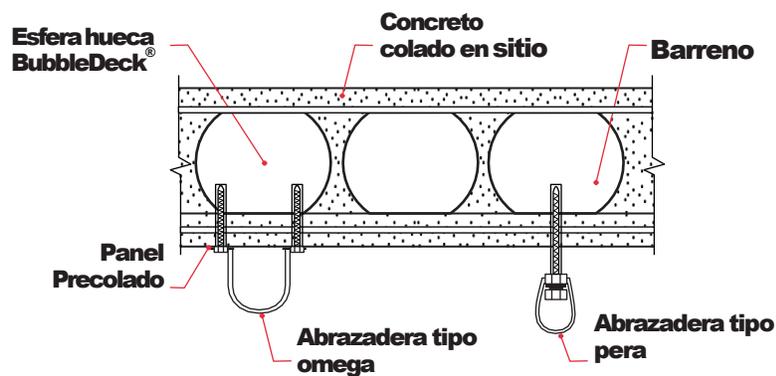
Es así como el sistema de losas BDM procura ser lo más flexible posible permitiendo el paso de tuberías por dentro de la losa (como losas macizas), realizar agujeros y pasos de instalaciones; así como la colocación de barrenos para suspensión de plafones, etc. Teniendo como limitante el hacer recortes o pasos en las áreas macizas cerca de las columnas, donde las cargas son transferidas de la losa a las

columnas y las fuerzas de cortante son mayores.

A continuación mostraremos una serie de casos para este tipo y su manera más adecuada de aplicación.

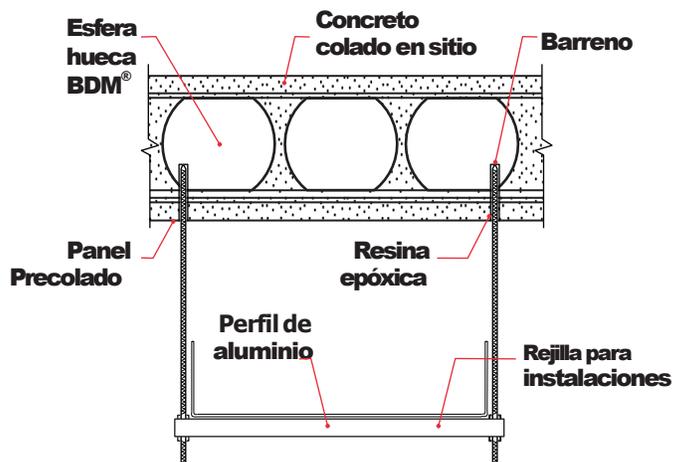
### 3.7.1.- Barrenos

Para la introducción de barrenos es recomendable realizarla a los costados de la esfera donde la capa de concreto es de 7cm de espesor y ya sea por pija, taquete o ancla de expansión se puede sostener artículos ligeros como charolas de cables pequeñas, ductos de ventilación y conductos de cableado. (Véase detalle en fig. 3.14)



*Fig. 3.14 Colocación de barrenos en losa*

Ahora si se requiere sostener artículos más pesados como plafones, con ayuda



del plano se pueden fijar los barrenos a un costado o debajo de las esferas. En caso de penetrar una esfera se recomienda la inyección de una resina epóxica para la fijación del anclaje en los huecos. (Véase detalle en fig. 3.15)

*Fig. 3.15 Colocación de resina epóxica en barrenos para objetos pesados en losa*

### 3.7.2.- Paso a través de la losa

Para los pasos mayores a 25 cm se propone que se diseñen al momento de la colocación de los paneles en vista planta para asegurar un correcto cimbrado y recorte; mientras que para ductos menores a 25 cm de diámetro es mejor barrenarlos después del colado para tener un correcto alineamiento vertical. (Véase detalle en fig. 3.16)

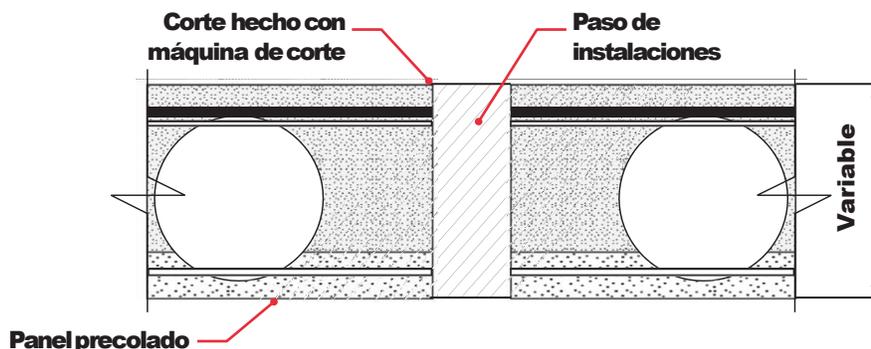


Fig. 3.10 Detalle de paso de instalaciones menores a 25 cm

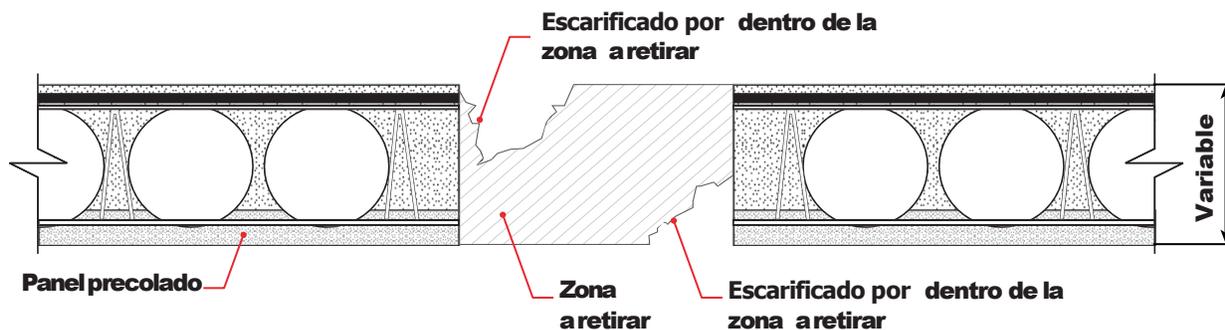
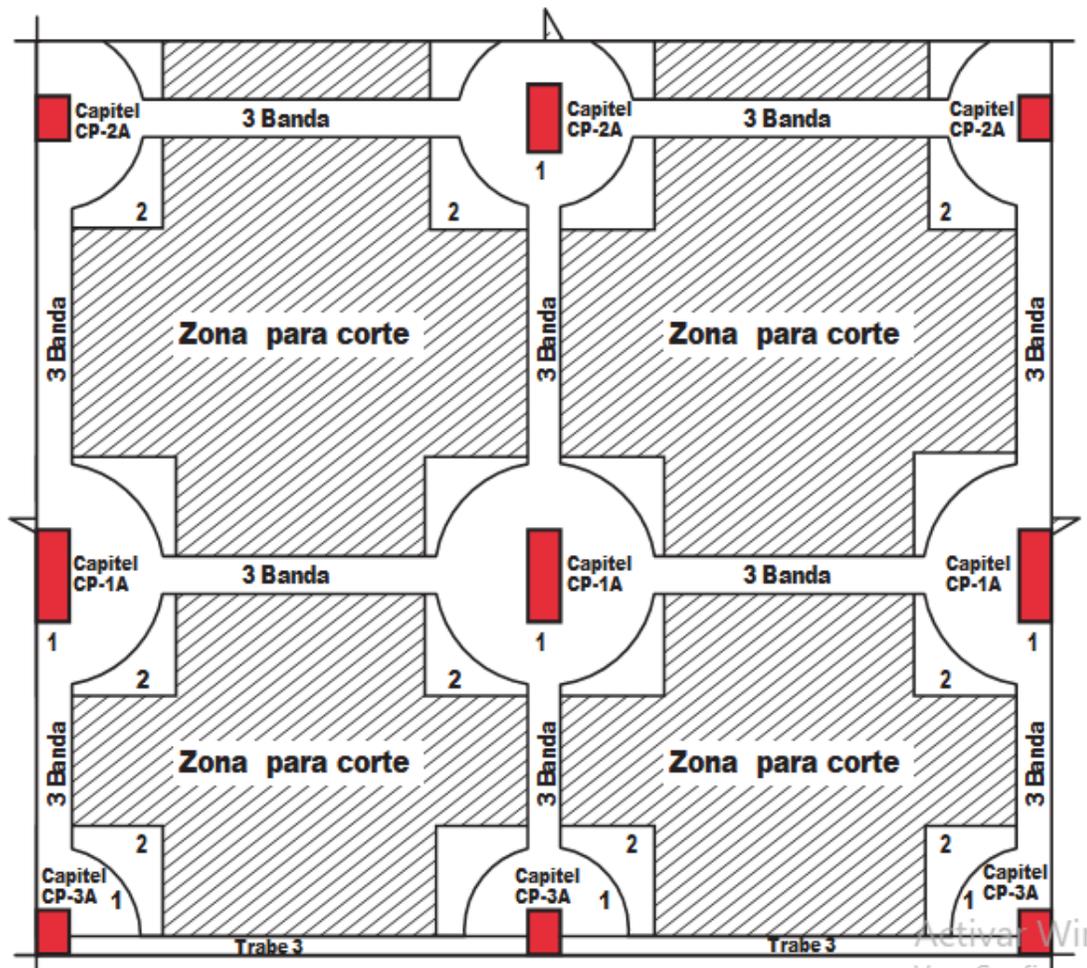


Fig. 3.16 Detalle de paso de instalaciones mayores a 25 cm

Entre algunas recomendaciones a seguir para realización de los pasos son las siguientes:

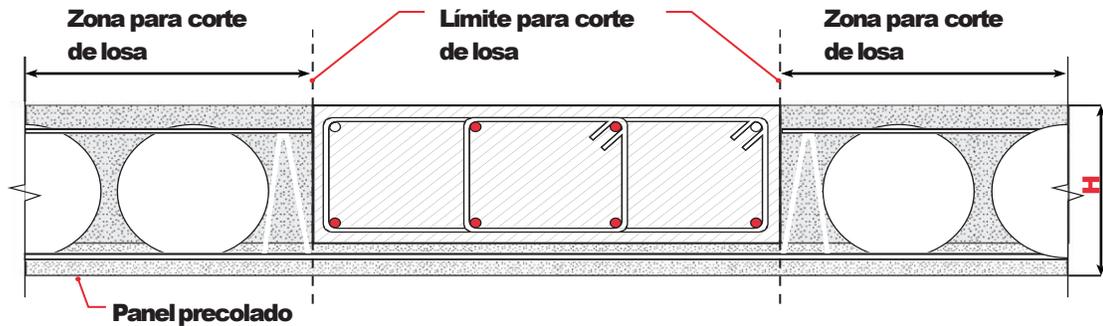
1. Cualquier corte no deberá pasar por zonas macizas.
2. Evitar cortes en capiteles.
3. Los cortes se deben hacer por el borde externo de las zonas de armado de banda. Ver en la siguiente imagen.

4. Las perforaciones mínimas sin refuerzo adicional serán aplicadas para bajadas hidrosanitarias o ductos de hasta 50 x 50 cm.
5. El ancho de los vanos serán desde 1 x 1 m hasta 5 x 5 m.
6. Se podrá retirar un tablero completo respetando los límites expresados en la siguiente imagen (punto 1, 2 y 3).



*Fig. 3.17 Detalle de zonas de corte en losas BDM*

7. Se colocara una trabe en caso de que las dimensiones del paso sean las máximas estipuladas. Ver la siguiente imagen:

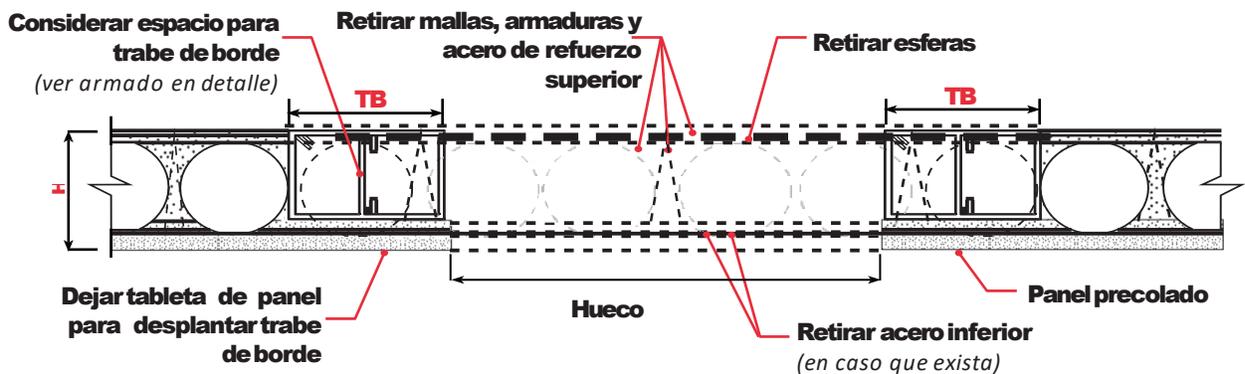


**Fig. 3.18 Detalle de trabe para cortes con máximas dimensiones**

8. Todo corte y/o ranura tendrá que ser revisada y aprobada por el estructurista responsable y D.R.O.

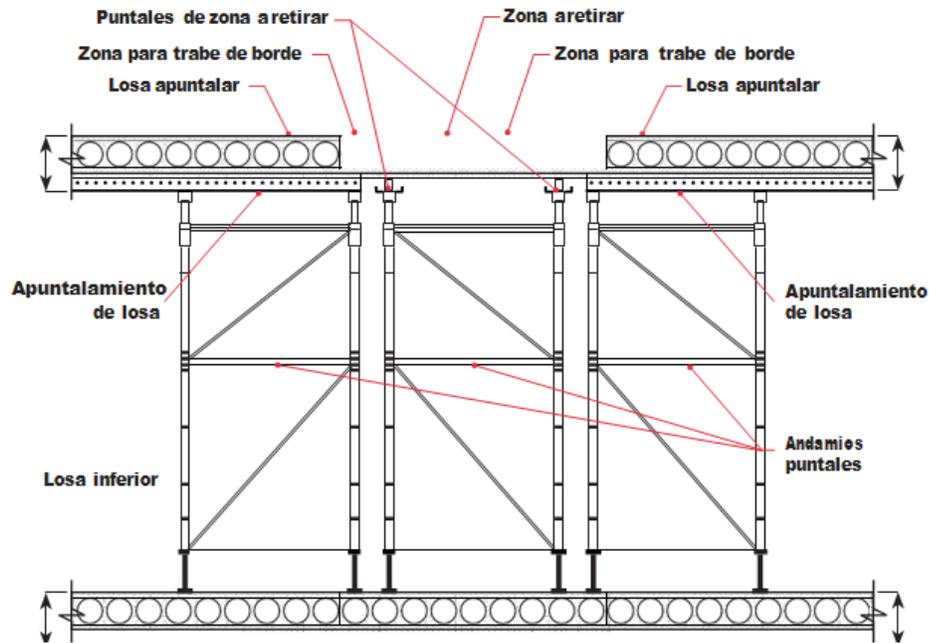
### 3.7.3.- Procedimiento de corte en losa para dimensiones máximas permitidas

- 1.- Marcar la zona a recortar en ambas caras del panel, contemplando la medida de la trabe de borde que se colocara.



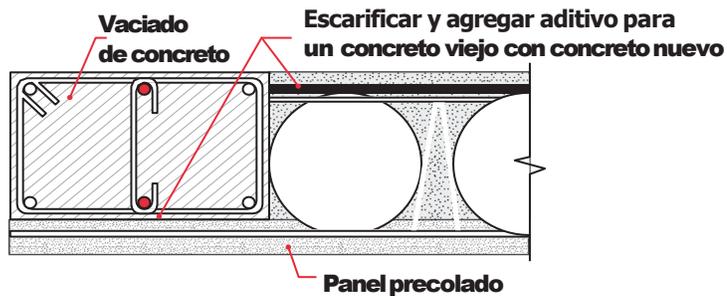
**Fig. 3.19 Detalle de corte de losa y colocación de trabe de borde para cortes con máximas dimensiones**

2.- Cimbrar perimetralmente la zona recortada con andamios apoyados sobre un suelo firme y cortar la losa con discos en ambos lechos, cortando el acero que se requiera.



**Fig. 3.20 Apuntalamiento correcto para un corte en losa**

3.- Una vez cortada la losa se colocará la trabe de borde, que sirve de refuerzo para la zona de corte.



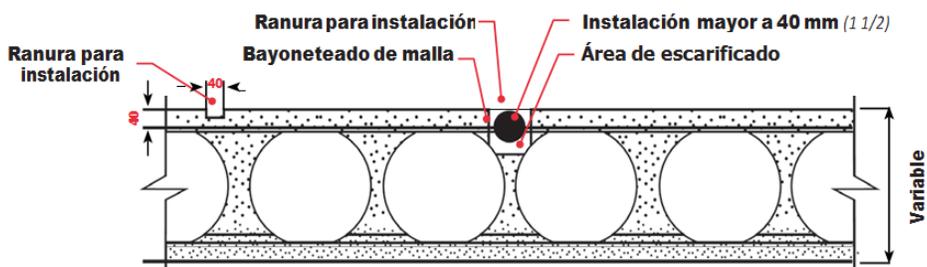
**Fig. 3.21 Detalle de trabe en zona de corte**

4.- Cimbrado de la trabe y colado.

### 3.7.4.- Colocación de instalaciones sobre losa

Para colocar instalaciones sobre losa es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las ranuras realizadas sobre losa no deberán ser mayores a 4cm o 1 ½”
- Las mallas no se recortan por ningún motivo.
- En caso de tener secciones mayores a 1 ½” de instalaciones se deberá bayonetear la malla de refuerzo superior para poder pasar la instalación.

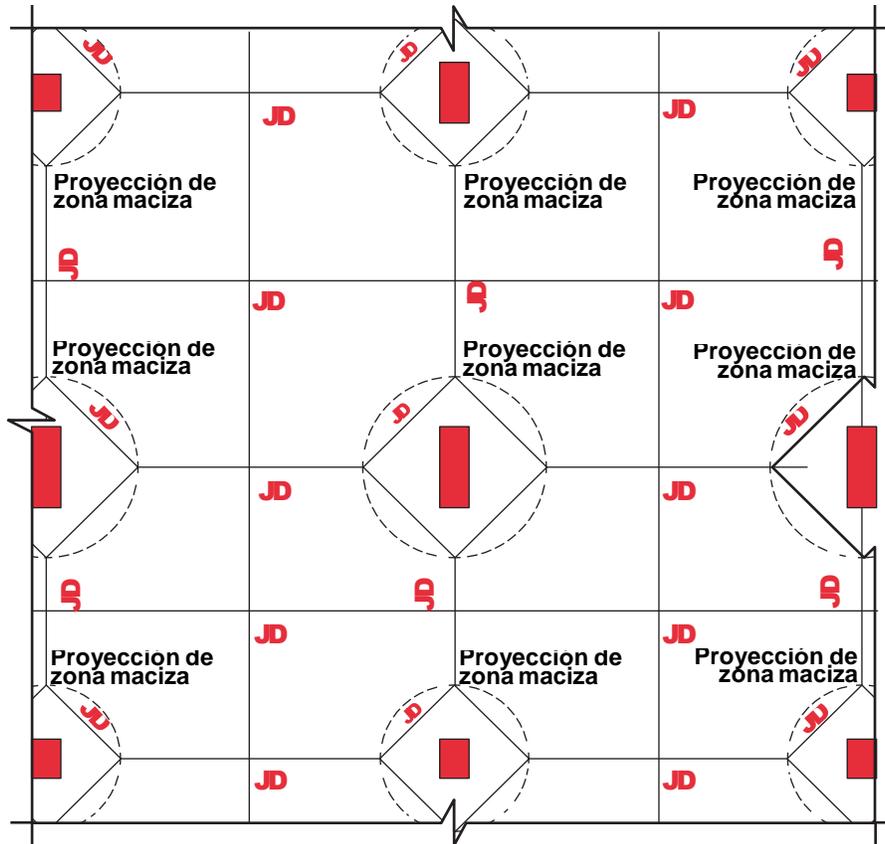


*Fig. 3.22 Detalle de instalaciones sobre losa*

### 3.7.5.- Cortes para dilatación de juntas sobre losas

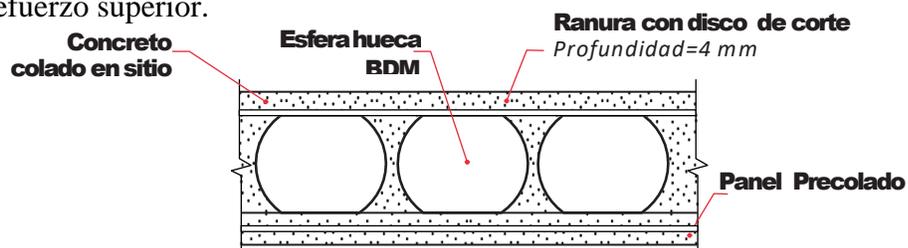
Por cuestión de movimientos o asentamientos de la estructura, se recomienda al constructor realizar un corte o ranura sobre la losa para evitar fracturas. El procedimiento para este trabajo de ser de la siguiente manera:

1. Trazar sobre la losa cuadrantes tomando como referencia los ejes estructurales. Vea la siguiente imagen.
2. Trazar un cuadrado en forma de diamante alrededor de las columnas que solo comprenda la parte maciza o capitel.
3. En caso de que la distancia entre columnas sea mayor a 3 metros se trazara una junta de dilatación intermedia. A como se muestra en la siguiente imagen:



*Fig. 3.23 Ubicación de las juntas de dilatación*

- Terminado el trazo procederemos al ranurado de las juntas con un equipo especial para corte de concreto con punta de diamante. El cual no deberá ser mayor a 4 milímetros de profundidad para evitar cortes del acero de refuerzo superior.

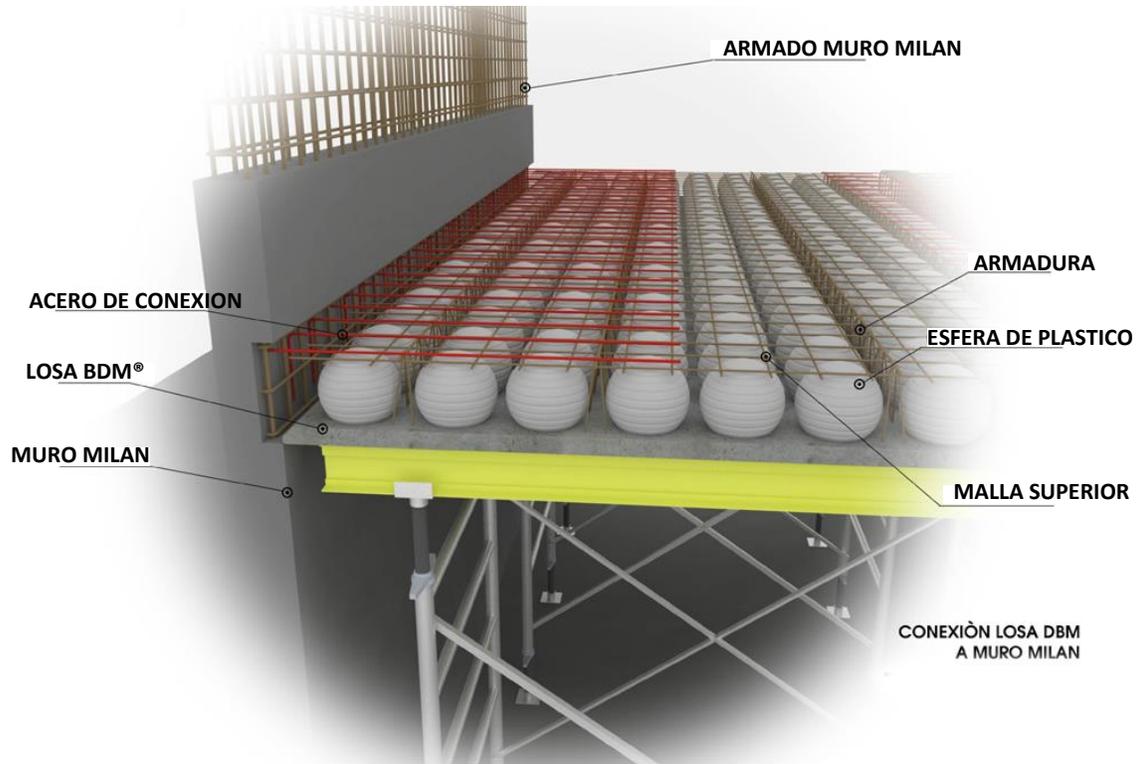


*Fig. 3.24 Detalle de junta de dilatación*

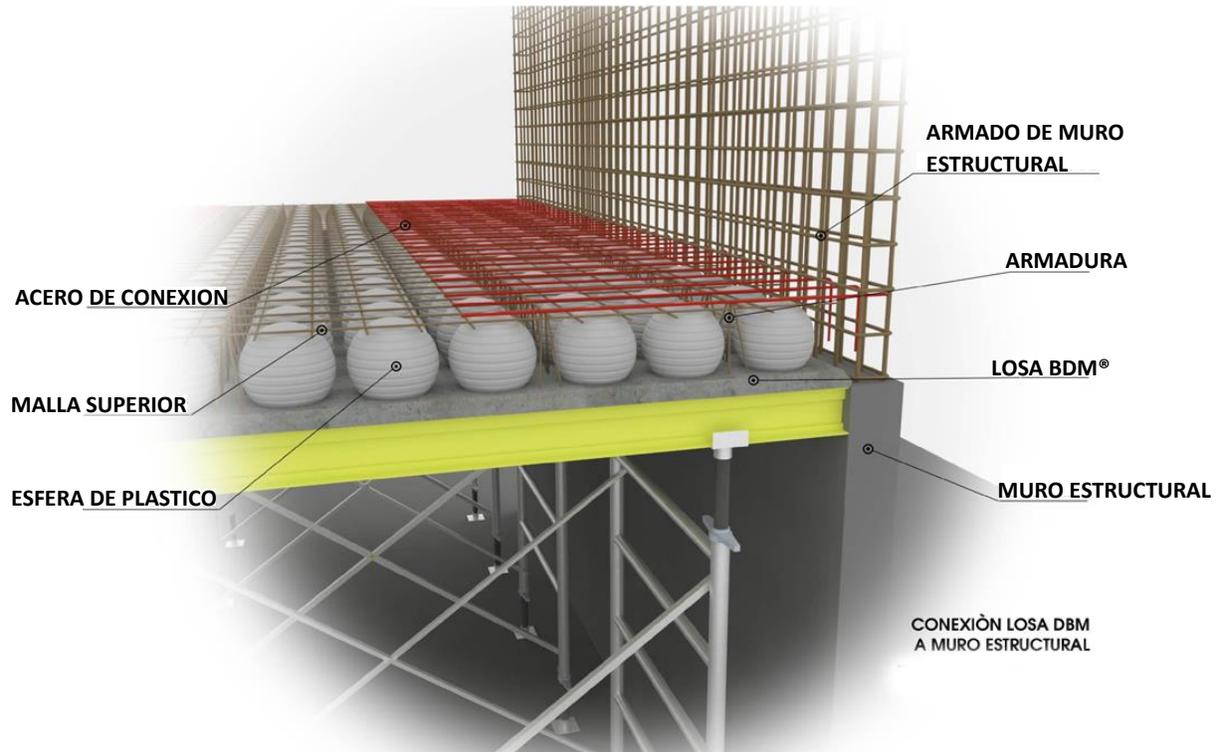
- Una vez hecho el corte se colocara una espuma de forma circular, terminando con un sellado para darle un acabado liso a la junta de dilatación.

### 3.8.- Detalles constructivos de losas a elementos de soporte y conexiones.

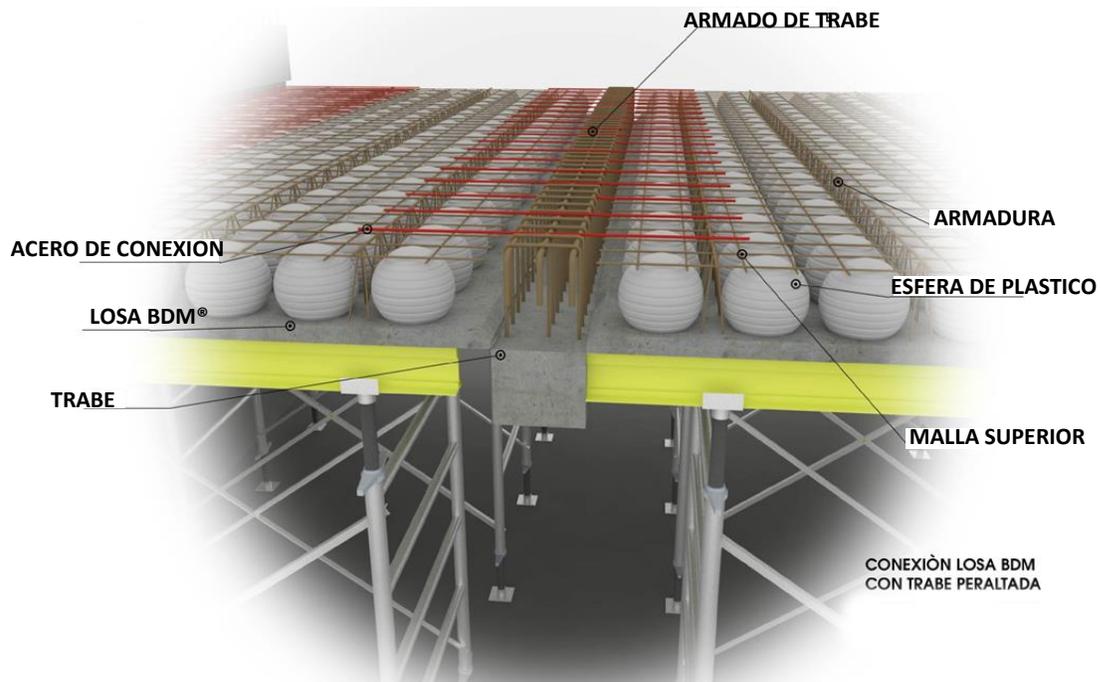
#### 3.8.1.- Conexión a Muro Milán



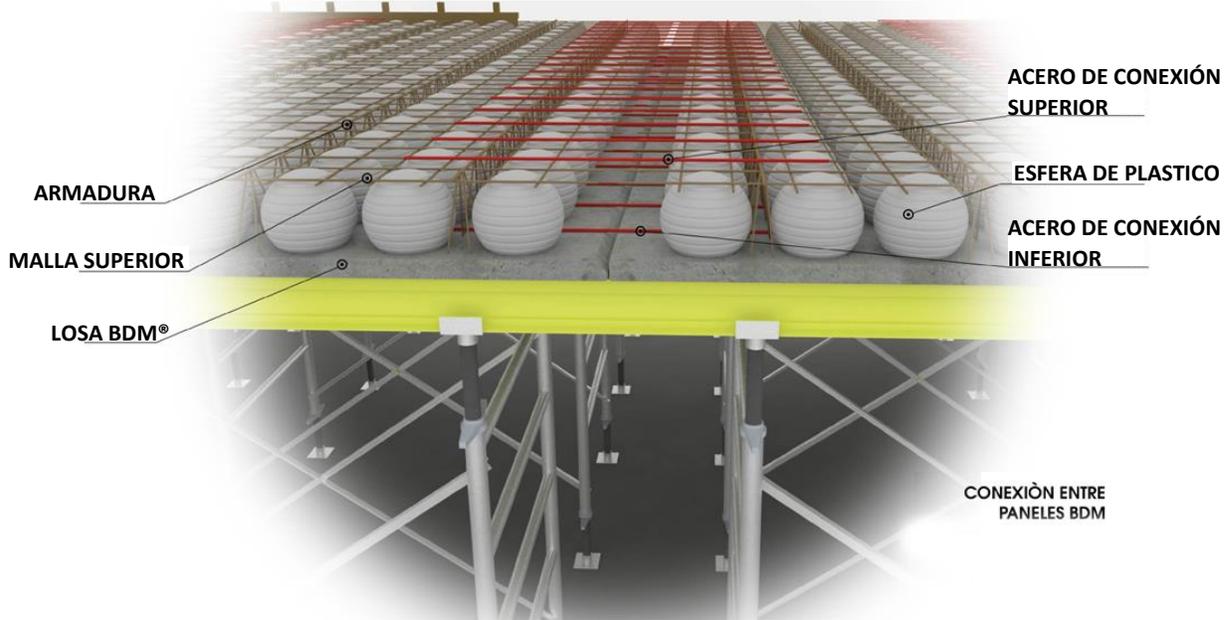
### 3.8.2.- Conexión a Muro Estructural



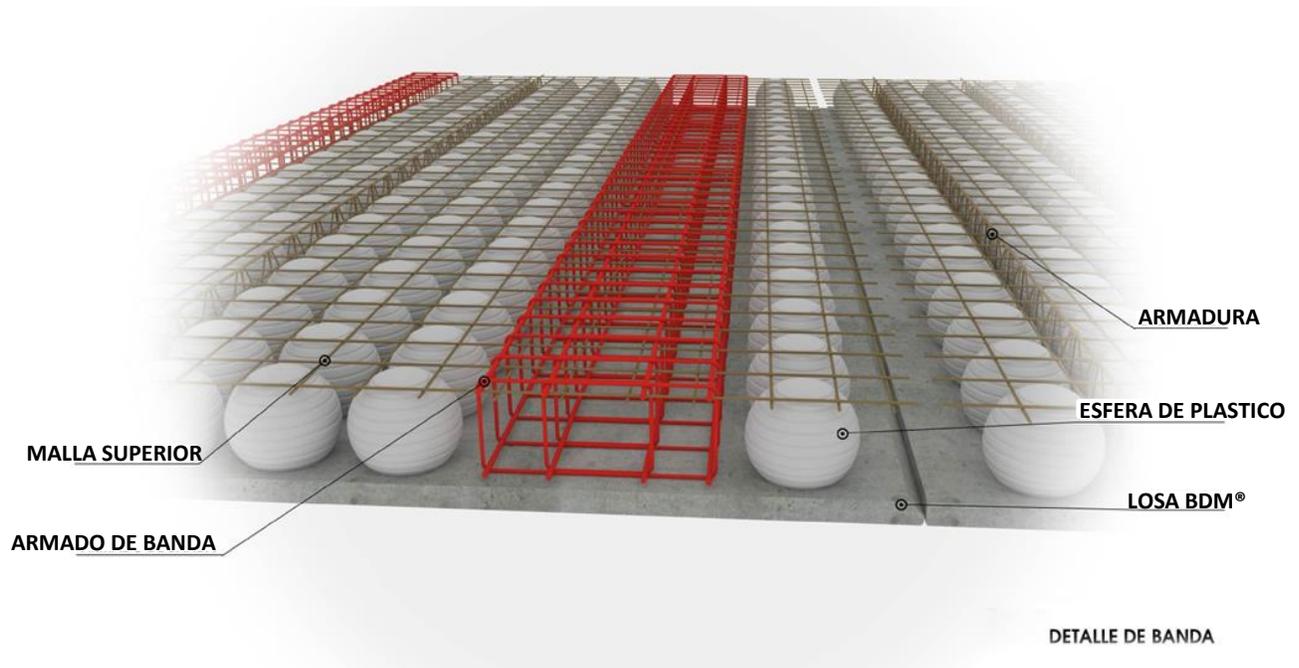
### 3.8.3.- Conexión de Paneles con Trabe Peraltada



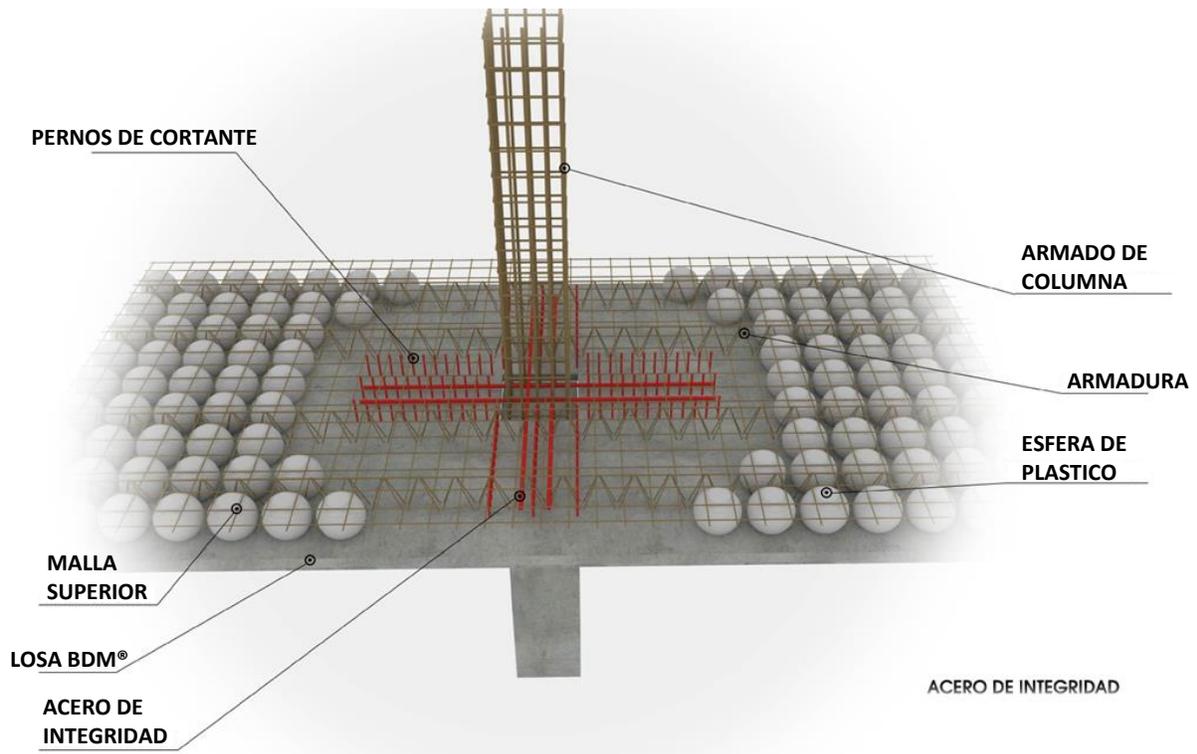
### 3.8.4.- Conexión entre Paneles



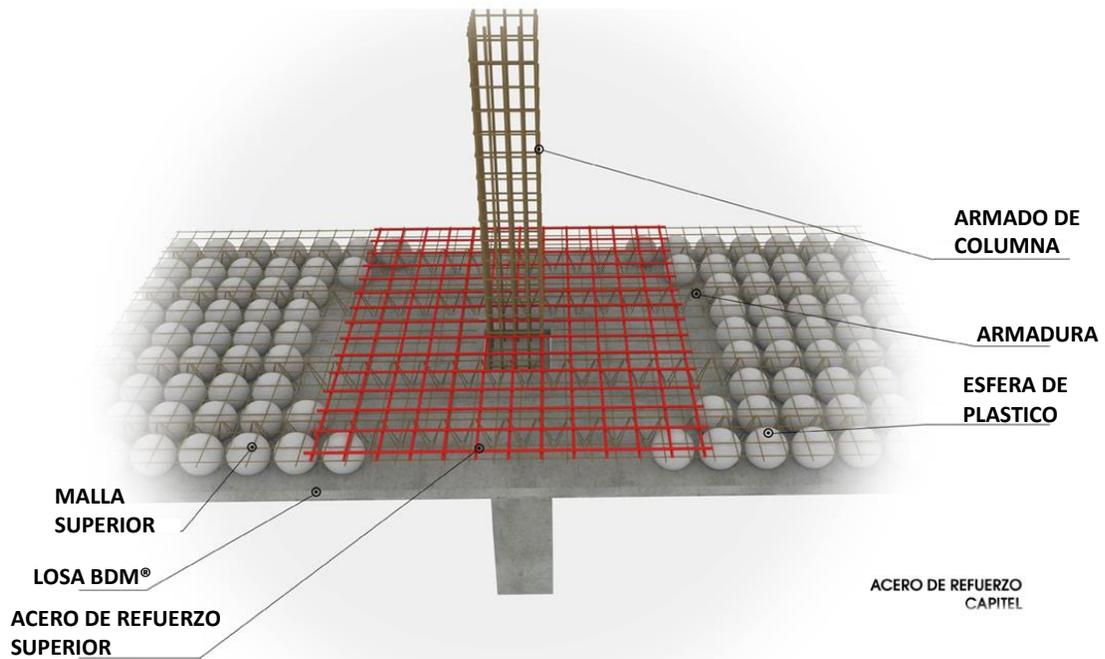
### 3.8.5.- Detalle de Banda



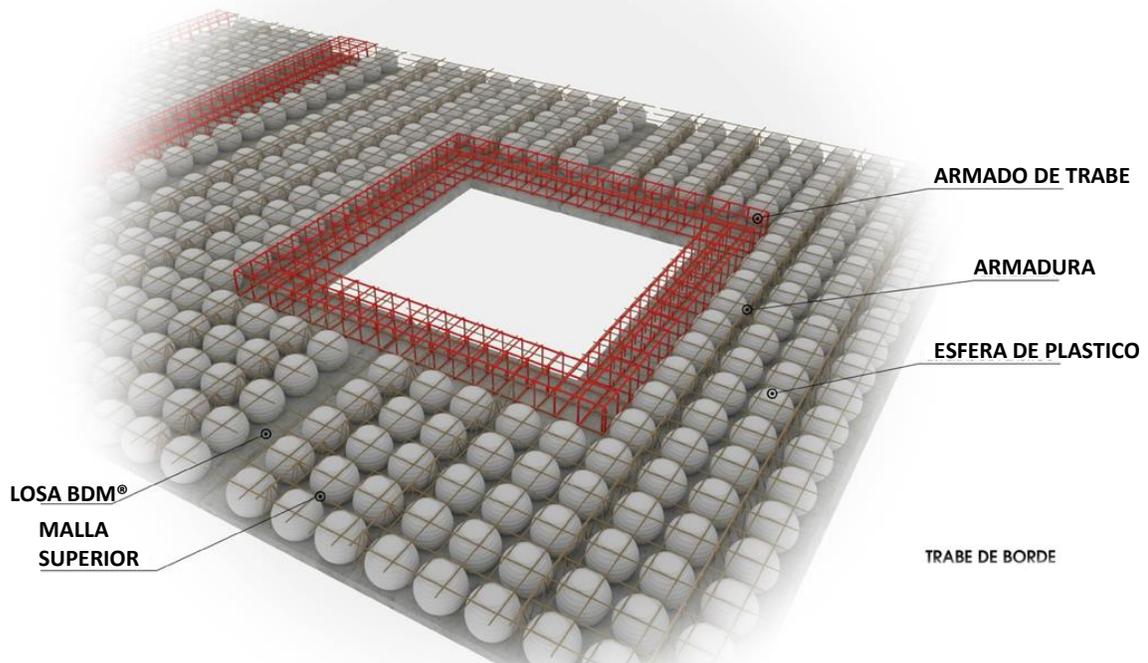
### 3.8.6.- Acero de Refuerzo en Capitel



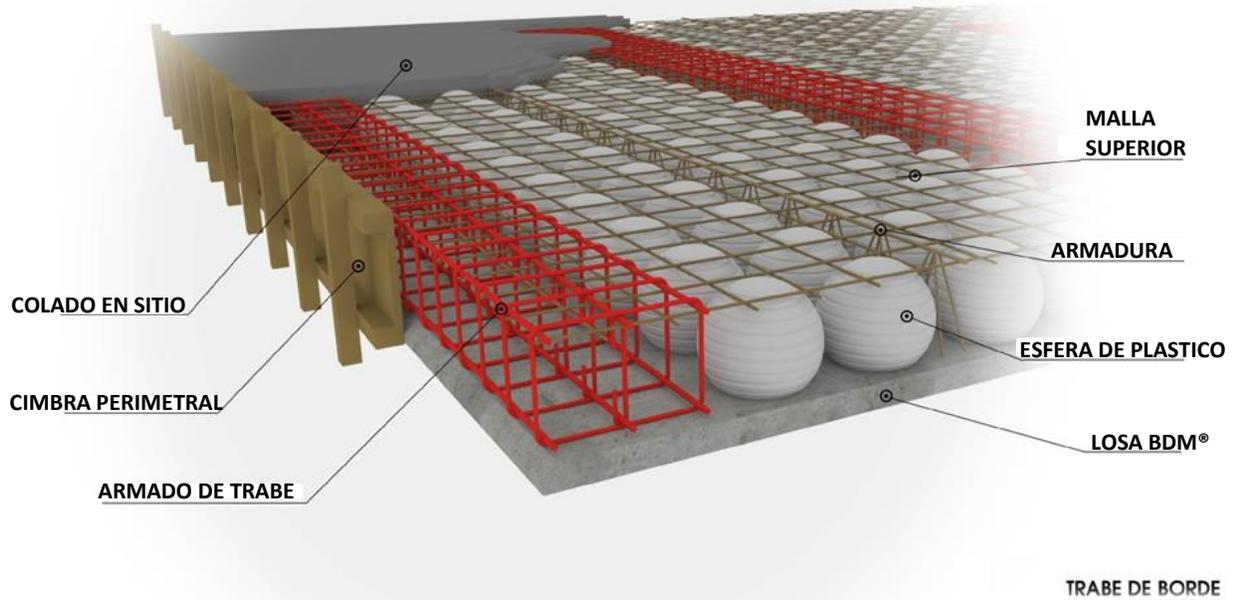
### 3.8.7.- Acero de Refuerzo en Capitel



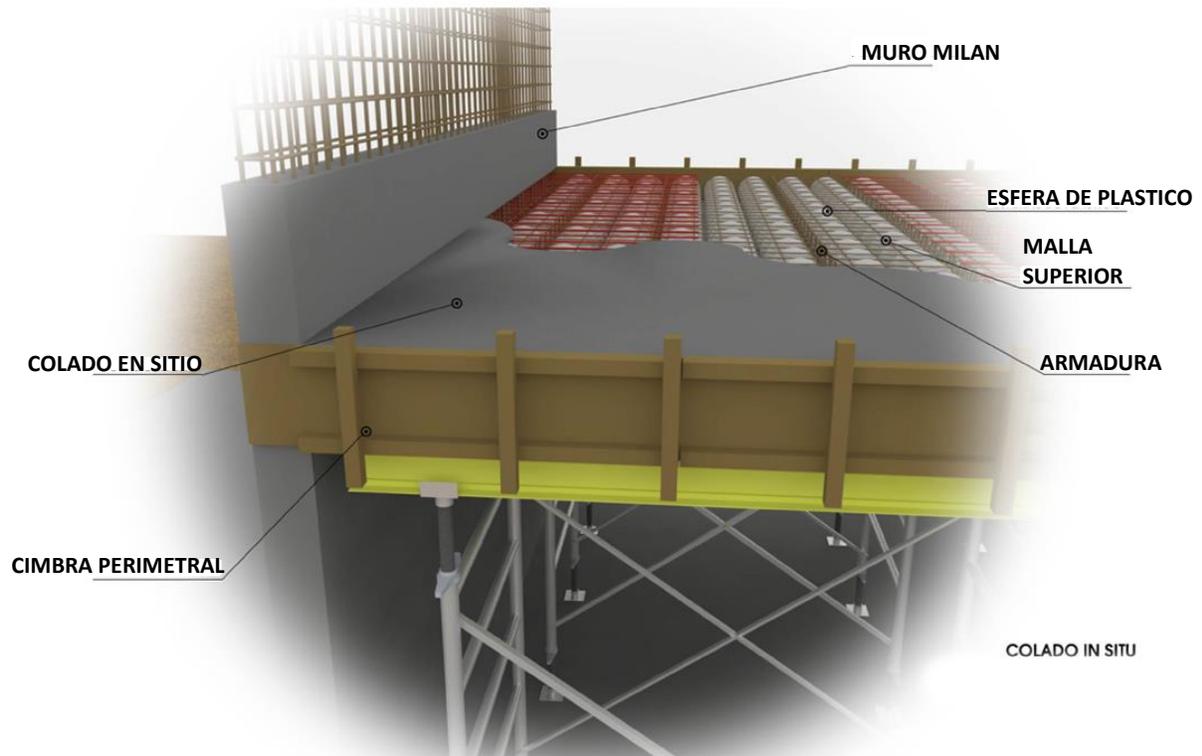
### 3.8.8.- Trabes de Borde



### 3.8.9.- Trabes de borde



### 3.8.10.- Detalle de Cimbra Perimetral y Colado



## **Capitulo Cuarto.- Ventajas y Desventajas**

### **4.1.- Introducción**

Como ya sabemos una de las principales funciones del sistema Bubble Deck es la eliminación del concreto en una losa hasta casi la mitad de volumen (en comparación con los sistemas tradicionales) reduciendo así drásticamente el peso muerto de una estructura. Favoreciendo su uso por ser un sistema innovador, gracias a la propuesta del uso de burbujas de plástico reciclado.

### **4.2.- Ventajas**

Dentro de las ventajas que este sistema ofrece es que abarca diferentes áreas durante el proceso de construcción que van desde la producción, seguridad y transporte hasta la sustentabilidad, y de las cuales daremos una explicación a continuación:

#### **4.2.1.- Estática Estructural**

- Al ser un elemento aligerado el impacto de carga en el suelo será menor, por lo consiguiente puede disminuir considerablemente el armado en la cimentación.
- Mayor longitud entre claros, reduciendo el número de columnas.
- Eliminación de vigas secundarias y terciarias visibles.

#### **4.2.2.- Producción y Calidad**

- Mejor calidad de los productos debido a la automatización
- De fácil y simple colocación.
- Menores áreas de almacenamiento para suministros, ya que conforme se hace la entrega en obra de las losas se pueden colocar ese mismo día o al día siguiente.
- Paneles ligeros y de fácil levantamiento.

#### **4.2.3.- Transporte**

- Transporte de hasta 200 m<sup>2</sup> de losa por flete, teniendo como resultado en una jornada de 8 hrs. hasta 4 fletes, es decir, hasta 800 m<sup>2</sup> de losa por día

colocados aproximadamente.

#### **4.2.4.- Seguridad**

- Debido a que el interior de los paneles se conforma de esferas de material PET y por su exterior concreto los paneles son resistentes al fuego.
- Construcción segura a la condensación de la humedad

#### **4.2.5.- Ahorro Económico**

- Reduce el armado estructural en el sitio al ser un elemento prefabricado, por lo tanto optimiza costos en mano de obra.
- Mayor flexibilidad en cuanto a la colocación de las instalaciones.
- Es adaptable a cualquier tipo de geometría de proyecto.

#### **4.2.6.- Sustentabilidad**

- 1 kg de material plástico sustituye más de 100 kg de cemento.
- Menos consumo de energía, tanto en la producción, el transporte y llevar a cabo.
- Menos emisiones de gases de escape - desde la producción y el transporte, especialmente el CO<sup>2</sup>.
- Ninguna generación de residuos - 100% reciclado.

### **4.3.- Desventajas**

Como todo sistema constructivo nuevo existirán proyectos que su estructura será compatible con las losas BDM y otros en los cuales su adaptación no será tan eficiente, ya sea porque el cálculo estructural no te permite hacer al 100% la conversión al nuevo sistema o económicamente resulta más caro por lo cual será mejor continuar con un sistema constructivo tradicional.

Por lo tanto hare una breve lista de algunos inconvenientes que se podrían encontrar al usar este sistema o que puede restringir su uso:

1. Por cuestiones de cálculo y diseño sea indispensable el uso de vigas secundarias, entonces tendríamos que hacer una comparación con otro sistema

de losa y ver que cual será más eficiente.

2. Económicamente no sea redituable.
3. Que el lugar de la obra tenga demasiadas restricciones o no cuente con las dimensiones necesarias para el acceso del camión con los paneles.
4. Para obras donde el uso de grúa no sea necesario

#### **4.4.- Comparativa del sistema**

Teniendo ya una idea clara de en qué consiste este sistema, los elementos que le componen, sus ventajas y como funciona, nos damos cuenta que al momento de hacer una comparativa con otro sistema constructivo con el cual pudiera competir, que en este caso sería una losa nervada. Nos encontramos que los dos sistemas tienen la misma función que es aligerar la estructura para que la cimentación no reciba tanto peso y requiera de menos acero, que los elementos aligerantes son el equivalente a las esferas de plástico reciclado, que en cuanto a los costos de  $m^2$  de losa BDM pueden variar hasta un 5% más bajo que la losa nervada o llegar a ser igual; entonces ¿qué es lo que hace este sistema diferente al sistema tradicional de losas nervadas?

La respuesta está en los tiempos de programación de la obra, la empresa encargada de este sistema trabaja en conjunto con la empresa constructora para coordinar la entrega de los paneles en tiempo y forma de acuerdo a un programa de obra, ya que el sistema tiene la ventaja de ofrecerte en cada viaje de entrega hasta 200m<sup>2</sup> de losa en paneles y si existe una buena coordinación en la obra puedes estar colocando por día de 400 a 800 m<sup>2</sup> de losa. Teniendo como resultado final que una obra de 2600 m<sup>2</sup> que con un sistema constructivo tradicional la ejecutas en un promedio de 12 meses, con las losas BDM la puedes ejecutar hasta en 6 u 8 meses. Mejorando los tiempos y mano de obra.

## Conclusiones

Creo que a pesar de ser una ingeniería extranjera que apenas está incursionando en México puede tener un gran aporte y cambio en los procesos constructivos, además de quitar la barrera que existe en el pensamiento mexicano de hacer las cosas a las prisas sin tener en cuenta una planeación previa, que para el caso del sistema de losas *Bubble Deck* es algo fundamental para la filosofía de trabajo que emplean.

Pudiendo hacer grandes aportes como: mejorar los rendimientos y tiempos de ejecución de una obra (que son parte fundamental para los inversionistas), menos desperdicios y producción de dióxido de carbono, uso de productos reciclados, etc. Los cuales estos últimos son puntos a favor de una certificación *LEED*.

Aunque es necesario investigar más a fondo ¿Hasta que alcance se puede llegar con este sistema? Ya que en México el tipo de proyectos con los cuales se ha trabajado ha sido comercial y de oficinas de más de 8 niveles. La pregunta aquí es ¿Si se puede implementar para sistemas de vivienda de 3 niveles? y de los 3 tipos de paneles que maneja la patente ¿Cuál sería el más recomendable? Además de una mayor promoción, lo cual generaría una importante comercialización del sistema que tendría como resultado final el estudio del comportamiento de las estructuras con el paso de los años, así como con inclemencias climatológicas que pudieran generarse.

Con el objeto de demostrar ya sea su buen desempeño en un país como México con diferentes tipos de suelo, zonas sísmicas y climas o si hay zonas en las cuales no sea muy conveniente aplicarlo o implementar algún aditamento que favorezca su desempeño. A su vez resolviendo dudas que surgen a los nuevos constructores relacionadas con la aplicación del sistema.

Ya que como todo producto nuevo siempre estamos a reserva de su desempeño e implementación.

## Bibliografía

- Danstek BDM® Losa Prefabricada. (2016). *Manual de planeación, suministro, colocación y colado*, primera edición.
- Danstek BDM® Losa Prefabricada. (2016). *Fichas técnicas*, primera edición.
- Danstek BDM® Losa Prefabricada. (2016). *Detalles generales de uso*, primera edición.
- Bubbledeck United Kingdom. (2008). *Product information*.
- Bubbledeck United Kingdom. (2003). *System overview*.
- Bubbledeck United Kingdom. (2008). *Site Erection & Installation Manual Type A Filigree Elements*.
- Amaya Astudillo, T.E.; Galindo Bacuilima B. J. (2015). *Análisis del comportamiento y aplicación de losas Bubbledeck*. Tesis de Licenciatura para la obtención de grado Ingeniería Civil. Cuenca, Ecuador; Universidad de Cuenca.
- Gómez Montaña, J. J. (2014). *Losas Aligeradas de Concreto*, en: <http://www.arkigrafico.com/disminuye-el-peso-de-una-edificacion-con-losas-aligeradas/>. Consultada el 15 de Marzo del 2017.
- Minor García, O. (2014). *Consideraciones sobre la metodología propuesta por las normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones para el distrito federal 2004 para el análisis y diseño de losas planas aligeradas*. Tesina de Especialidad en Estructuras, Distrito Federal, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- González Cuevas, O. M.; Robles Fernández-Villegas F. (2012) *Aspectos Fundamentales del concreto reforzado*, Ciudad de México: Editorial Limusa S.A. de C.V.