

STEELDECK

MANUAL TÉCNICO

METALES FLIX

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	<u>3</u>
VENTAJAS	<u>4</u>
FUNCIONES PRINCIPALES	<u>6</u>
LÁMINA STEELDECK	<u>7</u>
DISEÑO DE LOSAS DE CONCRETO	<u>8</u>
CON LÁMINA STEELDECK	<u>8</u>
MEMORIA DE CÁLCULO	<u>16</u>
TRANSPORTE	<u>28</u>
DESCARGA	<u>28</u>
ALMACENAJE	<u>30</u>
INSTALACIÓN Y MONTAJE	<u>31</u>



INTRODUCCIÓN

Las láminas **SteelDeck** está diseñadas para trabajar como placa colaborante trapezoidal de acero galvanizado en entrepisos de estructuras metálicas y mixtas de concreto y metal.

La placa colaborante **SteelDeck** posee excelentes propiedades para aplicaciones estructurales. Está diseñada con base en criterios internacionales para aumentar su eficiencia y facilitar su instalación.

Está fabricada en acero estructural grado 37, galvanizado G-40, según las normas ASTM-A653 y JIS G3302. Se fabrica en largos variables desde 1 metro hasta 12 metros.



METALES FLIX

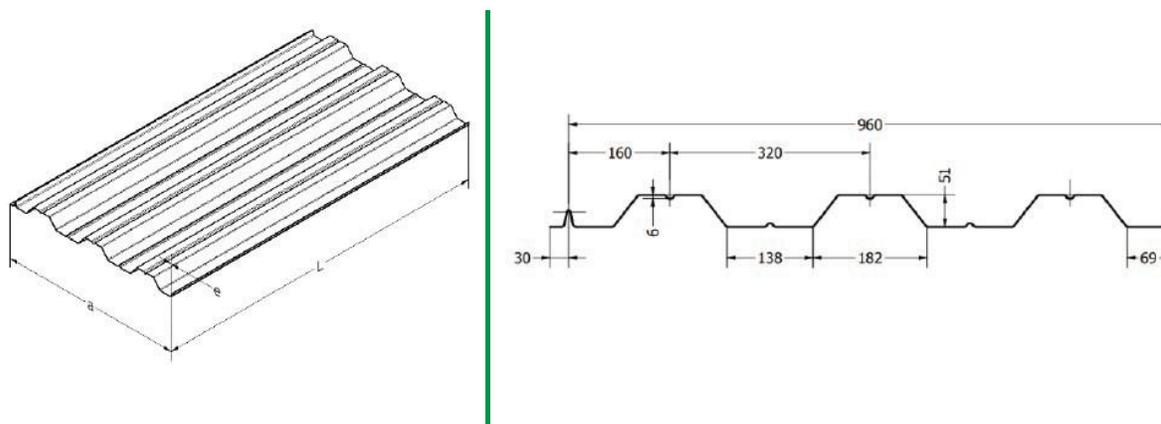


Ilustración 1 Geometría de la lámina SteelDeck

VENTAJAS

Al utilizar SteelDeck se obtienen unas series de ventajas importantes, que tiene una repercusión marcada con respecto a otros sistemas de entrepiso. Entre estas sobresalen las siguientes:

RESISTENCIA ESTRUCTURAL CON MENOR PESO

En la fabricación del SteelDeck se aprovechan de manera amplia las propiedades del acero para obtener un producto con alta resistencia en comparación a su peso, esto permitiendo una baja en los costos de transporte y montaje estructural, que en comparación a otros sistemas generan un mayor beneficio.

CALIDAD ASEGURADA

Debido a los constantes avances en aspectos de fabricación, la misma se ve sometida a un proceso de mejora continua en búsqueda del cumplimiento con los estándares de normalización internacionales, con el objetivo de entregar al cliente un producto de alta calidad.

DURACIÓN GARANTIZADA

A lo largo del tiempo, la implementación de este sistema de entrepisos ha demostrado un comportamiento satisfactorio, garantizando su durabilidad, la cual se ve reflejada en estructuras con mas de medio siglo de instalación.

BAJOS COSTOS Y VALOR AGREGADO

La implementación del SteelDeck genera un resultado esperado a una baja inversión, minimizando los desperdicios de material, con requerimiento menor de volumen de concreto y reduce el peso de la estructura, lo cual se refleja en ahorros de materiales.

FÁCIL MONTAJE ESTRUCTURAL

Al ser un producto de bajo peso facilita su manipulación, lo cual favorece un fácil manejo durante el proceso de almacenaje, además, brinda rapidez en su instalación, a la vez no requiere mortero de afinado de pisos lo que eventualmente reduce el tiempo de construcción, no contamina otros materiales, se adapta a cualquier estructura geométrica y puede ser utilizada en estructuras metálicas, de concreto y sobre muros de mampostería.



A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDO

Este manual está dirigido a toda persona o entidad que esté relacionada con el sistema de SteelDeck, como: ingenieros civiles, arquitectos, constructores, interventores, consultores, técnicos, estudiantes de ingeniería, arquitectura, inspectores y laboratoristas.

RESPONSABILIDADES

Con lo que respecta al diseño estructural de losas con el uso de SteelDeck debe ser realizado por un ingeniero Civil o Estructural. Es responsabilidad del cliente el despiece para el proyecto.

La información presente en este documento ha sido realizada con principios de ingeniería reconocidos, sin embargo, ninguna de las recomendaciones e indicaciones deben ser utilizadas sin el previo análisis y estudio cuidadoso realizado por un ingeniero Civil o Estructural, quien debe contar con la capacidad y conocimiento competente para evaluar el significado y limitaciones del material.

El ingeniero tiene la responsabilidad de darle el correcto y óptimo uso al material según el diseño específico establecido. Metales Flix no se hace responsable por una incorrecta utilización de la información contenida en este documento.

Dicho y entendido lo expuesto anteriormente, en lo que refiere a cualquier queja, demanda, injuria, pérdida o gastos, que surjan de cualquier forma o tengan relación a la información presentada en este documento, inclusive si el caso presentado resulte directa o indirectamente por cualquier acción, error u omisión de Metales Flix o de cualquier participante en la elaboración de este documento, no podrán ser demandados.



FUNCIONES PRINCIPALES

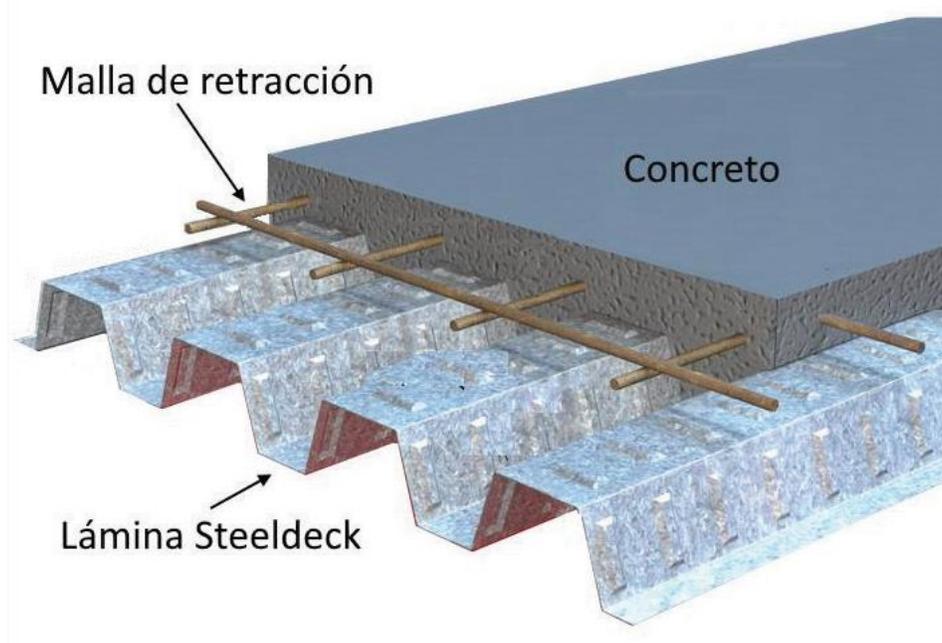


Ilustración 2 Conformación de la losa con lámina colaborante SteelDeck

LÁMINA STEELDECK

Los materiales utilizados para la formación de SteelDeck cuentan con cumplimiento de normalización y estándares internacionales, especificados a continuación.

Tabla 1 Propiedades del material de acero

Propiedad de lámina STEELDECK	
Esfuerzo de fluencia (Mpa)	270
Esfuerzo último (Mpa)	380
Módulo de elasticidad	200
Elongación en 50 mm	16,10%
Densidad (kg/m ³)	7850
Recubrimiento (g/m ²)	125 (G40)

Tabla 2 Propiedades de la sección de acero

Espesor	Peso por área de losa (kg/m ²)	I (cm ⁴ /m)	S _{sup} (cm ³ /m)	S _{inf} (cm ³ /m)	Peso por área de lámina (Kg/m ²)
0.7 mm	7.17	46.23	25.85	25.85	6.85
0.8 mm	7.96	64.13	25.90	25.90	7.60
1 mm	9.55	64.13	26.00	26.00	9.12

Tabla 3 Tolerancias de la lámina SteelDeck

Tolerancias lámina STEELDECK	
Parámetro de control	Tolerancia
Espesor	0.70 ± 0.07 mm
	0.80 ± 0.08 mm
	1.00 ± 0.09 mm
Longitud	± 15 mm
Ancho efectivo	± 10 mm
Flecha y curvatura	6 mm en 3 m
Borde de lámina por fuera de la escuadra 10 mm por metro de ancho	



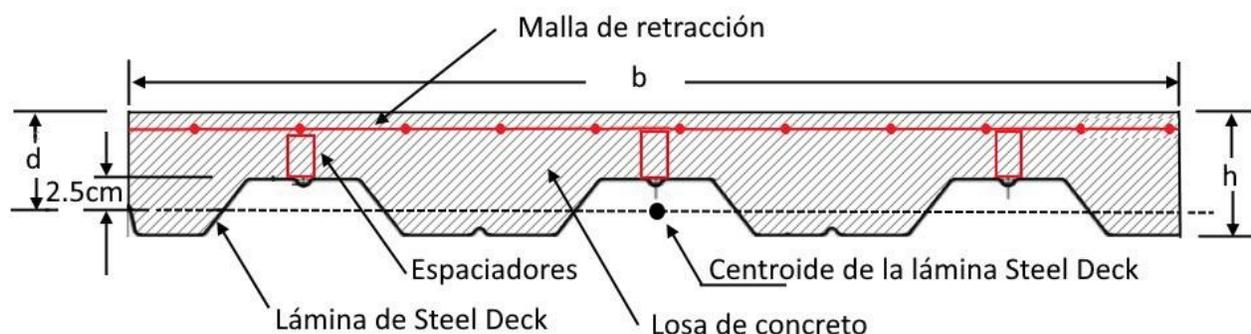


Ilustración 3 Nomenclatura de la losa

h = peralte bruto de la losa
 d = peralte efectivo de la losa

DISEÑO DE LOSAS DE CONCRETO CON LÁMINA STEELDECK

Cálculo del peralte (h)

Se llama peralte al espesor total de la losa. Para determinar el peralte mínimo necesario se debe analizar los extremos de la losa, los cuales pueden ser libres o continuos, según se muestra en la ilustración 10. Una vez identificados los tipos de apoyo, se utilizará la tabla #4, tomada de la norma ACI 318-19 para determinar el peralte mínimo.

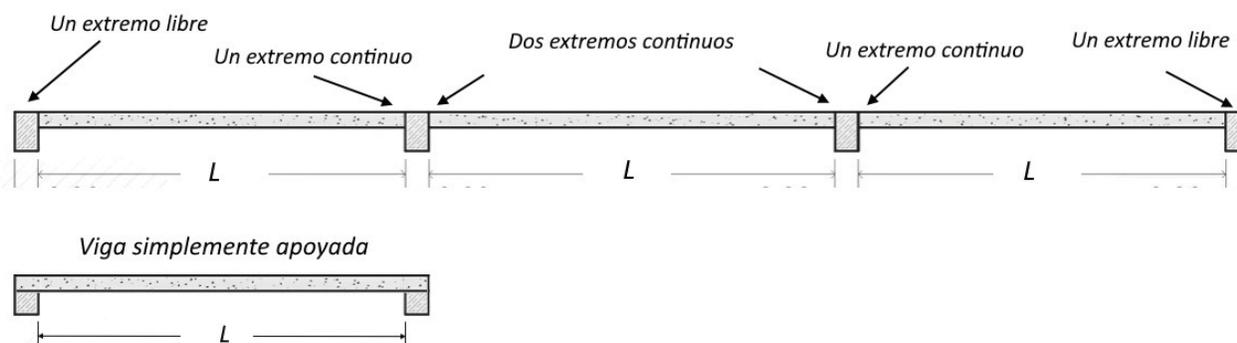


Ilustración 4 Tipos de losa según extremos y apoyo

Tabla 4 Espesor mínimo de losas en dirección macizas no preesforzadas

Espesor mínimo de losas	
Condición de apoyo	Espesor h mínimo
Simplemente apoyados	$\frac{L}{20}$
Con un extremo continuo	$\frac{L}{24}$
Ambos extremos continuos	$\frac{L}{28}$
En voladizo	$\frac{L}{10}$

Fuente: Norma ACI 318-19

DISTANCIA LIBRE MÁXIMA

De acuerdo con las indicaciones de la norma ACI 319-18, la distancia libre máxima (L) entre apoyos de la losa debe cumplir la siguiente condición:

$$L \leq 25 h$$



DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA REQUERIDA

Si no se conoce la capacidad de carga requerida para la losa, el código sísmico nacional indica las cargas mínimas para diferentes tipos de ocupaciones. En la tabla #5 se presenta el detalle de esa información

Tabla 5 Cargas vivas o temporales mínimas según el tipo de ocupación

Cargas vivas o temporales mínimas según el destino de ocupación	
Destino del piso	Carga temporal (kg/m ²)
Habitación (casas de habitación, apartamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, edificios para internados en escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares).	200
Oficinas, despachos, laboratorios, salones de lectura, aulas, salas de juego y similares.	250
Escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de libre acceso al público.	400
Lugares de reunión desprovistos de asientos fijos, estadios, salones de baile, etc.	500
Bibliotecas y salones de archivo.	500
Lugares de reunión con asientos fijos, templos, cines, teatros, gimnasios, etc.	400
Comercios, bodegas y fábricas de mercancía ligera.	500
Comercios, bodegas y fábricas de mercancías con peso intermedio.	650
Comercios, bodegas y fábricas de mercancía pesada.	800
Techos de fibrocemento, láminas de acero galvanizado y otros.	40
Azoteas con pendiente superior al 5 por ciento.	100
Azoteas con pendiente inferior o igual al 5 por ciento.	200
Voladizos en vía pública (marquesinas, balcones y similares).	300
Garajes y aparcamientos (para automóviles exclusivamente).	300

Fuente: Cargas temporales unitarias mínimas del código sísmico de Costa Rica.



CARGA TOTAL MÁXIMA

Una vez establecida la carga viva o temporal mínima requerida por la losa se debe realizar el cálculo de la carga total máxima que soportará la losa, que se expresa en:

$$q_{\max} = 1.2 C_M + 1.6 C_V$$

Donde:

CV = carga viva o carga temporal que soportará la losa.

CM = carga muerta o carga propia de la losa.

Con el valor mínimo de h obtenido de la tabla #4 se procede a buscar el valor más cercano de CM, pero no inferior en la tabla #6 y se calcula la carga máxima con la ecuación anterior. Con el valor de la carga máxima calculada se procede a verificar si la losa del espesor seleccionada posee la capacidad de carga requerida. En caso de que el espesor seleccionado no cumpla con el

requerimiento se procederá a seleccionar un espesor mayor y se repetirá nuevamente el procedimiento de verificación.

Con ayuda de la tabla #6 se puede determinar la cantidad de concreto requerida para el entrepiso, de acuerdo con el espesor requerido.

Tabla 6 Cubicaje y peso propio

		Espesor de la losa h (m)					
		0.1	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15
Volumen de concreto m ³ por m ² de losa		0.071	0.081	0.091	0.101	0.111	0.121
Pesos en kg por m ² de losa	Concreto	169.9	193.9	217.9	241.9	265.9	289.9
	Lámina SteelDeck (1)	9.55	9.55	9.55	9.55	9.55	9.55
	Malla de retracción (2)	10.36	10.36	10.36	10.36	10.36	10.36
	Peso Total de la losa (C _M)	189.77	213.77	237.77	261.77	285.77	309.77

(1) Calculado para la lámina SteelDeck de 1 mm de espesor.

(2) Calculado para la malla electrosoldada de 15cmx15cmx14.11mm.

Tabla 7 Capacidad de carga de losas con lámina colaborante de SteelDeck

Longitud libre de la losa L (m)	Espesor de la losa h (m)					
	0.1	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15
	Capacidad máxima de carga útil (kg f/m ²) ⁽¹⁾					
2.0	636	842	1076	1338	1628	1946
2.1	563	748	959	1195	1456	1743
2.2	500	667	857	1071	1307	1567
2.3	445	597	769	963	1178	1414
2.4	397	535	691	868	1064	1279
2.5	355	480	623	784	963	1161
2.6		431	562	710	874	1055
2.7		388	508	644	795	961
2.8		349	460	584	724	877
2.9			416	531	660	802
3.0			377	483	602	734
3.1				440	550	672
3.2				401	503	616
3.3				365	460	565
3.4					421	519
3.5					385	476
3.6						437
3.7						401
3.8						368
L_{máx} (m)	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5	3.8

(1) La determinación de la sobrecarga admisible o carga útil se basa en las recomendaciones del ACI (American Concrete Institute), norma 318-19 Building Code Requirements for Structural Concrete, y son las mínimas de las obtenidas por flexión, deflexión (L/360) y corte.

(2) Las sobrecargas admisibles se consideran uniformemente distribuidas e incluyen el peso propio de la placa de acero, de la malla de retracción y del concreto.

(3) Los valores de cargas máximas indicados no aplican para losas con cargas vivas móviles como estacionamientos o bodegas con uso de montacargas. Para esos casos se recomienda realizar la consulta al ingeniero estructural.

(4) No se requiere apuntalamiento cuando las vigas de apoyo se encuentran a una separación máxima de 1.50m. Para distancias mayores es recomendable el apuntalamiento.

(5) Los valores de resistencia máxima fueron verificados para los espesores de lámina de 0.7 mm, 0.8mm y 1.0 mm. En los siguientes análisis se hacen recomendaciones especiales sobre el uso de algunos espesores.

COLOCACIÓN DE LAS LÁMINAS

Se deben colocar las láminas sobre la estructura dejando un apoyo mínimo de 5 cm sobre las vigas. Las láminas se colocan traslapadas una sobre otra por medio de las cejillas de montaje de sus extremos laterales, diseñados para esos efectos. Las láminas poseen un extremo macho y un extremo hembra tal como se muestra en la ilustración #11.

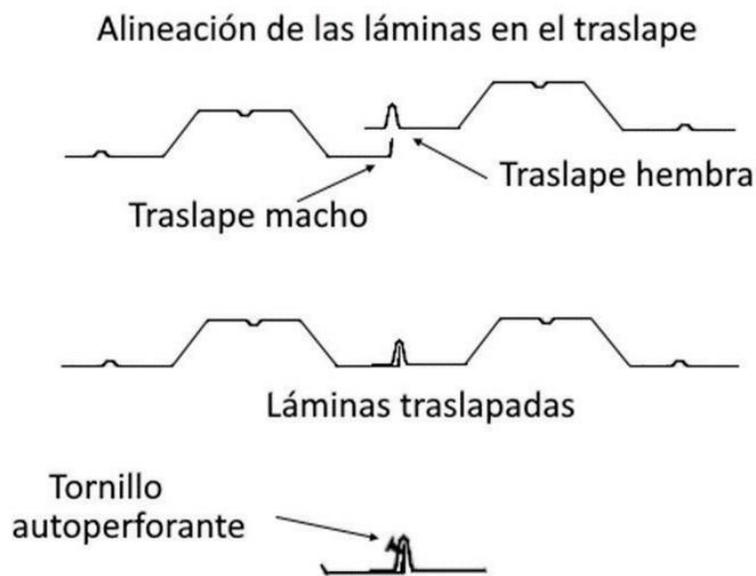


Ilustración 5 Colocación de las láminas de SteelDeck para construcción de losa

Se deben realizar los cortes de las láminas que sean necesarios para ajustarse a la geometría y dimensiones de la losa de piso que se va a fabricar. Los cortes se pueden realizar con una esmeriladora o amoladora, utilizando un disco de corte para metal, dejan la parte más irregular en forma de último.

Una vez que las láminas se encuentran en su sitio final, se deben fijar entre ellas y a la estructura metálica que las soportará por medio de tornillos auto perforantes.

REFUERZO POR RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Durante el proceso de secado, el concreto sufre deformaciones volumétricas como consecuencia del movimiento de humedad dentro del material y de los cambios de temperatura. Este fenómeno es el causante de fisuras en la superficie de las losas de concreto. Para minimizar la retracción, se recomienda colocar una malla de acero de refuerzo en la parte superior de la losa.

Además de evitar la retracción, el refuerzo superior de la losa puede incrementar hasta en un 10% la capacidad de carga. El refuerzo por retracción y temperatura se debe hacer con una malla electrosoldada de geometría cuadrada de 15 cm x 15 cm hecha con alambón de 4.0 milímetros de diámetro.

La malla de refuerzo por retracción debe colocarse a una profundidad de 2.5 a 3.0 centímetros medidos a partir de la superficie superior de la losa. En las ilustraciones #3 y #6 se muestra la colocación de la malla de retracción.



Separadores para la malla de retracción

Para apoyar la maya se deben utilizar espaciadores entre la malla de retracción y la lámina de SteelDeck. Los espaciadores podrán ser de varilla soldados a la malla o de concreto.

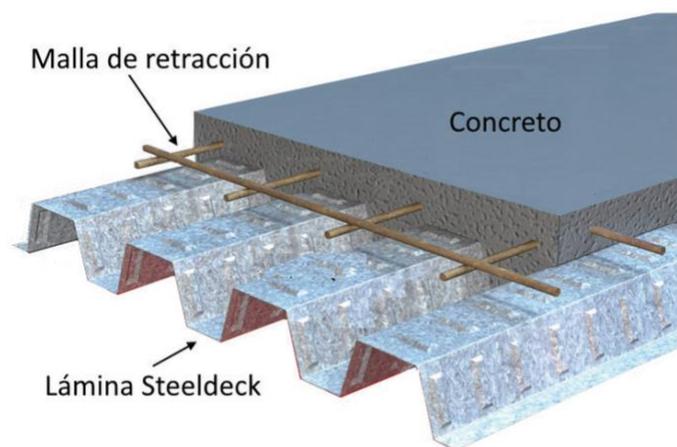


Ilustración 6 Conformación de la losa con lámina colaborante de SteelDeck

CONECTORES DE CORTANTE

Los conectores de cortante son elementos de fijación, para la instalación de entrepisos metálicos. Están diseñados para anclar la losa a las vigas de acero haciendo que trabajen de forma conjunta y le permiten resistir las fuerzas cortantes que se dan en el sistema de construcción compuesto. También evitan la separación vertical entre la losa y la viga, dándole mayor rigidez.

Los conectores de cortante usualmente son una barra corta de acero con una cabeza redonda con medidas estándar son de 5/8" (16 mm) y 3/4" (19 mm) de diámetro.

Los conectores de cortante deben ir directamente soldados a las vigas en todo el perímetro de la losa. Para ello, se perfora previamente la lámina colaborante en todos los valles perimetrales. En la figura #7 se muestra la colocación de los conectores.

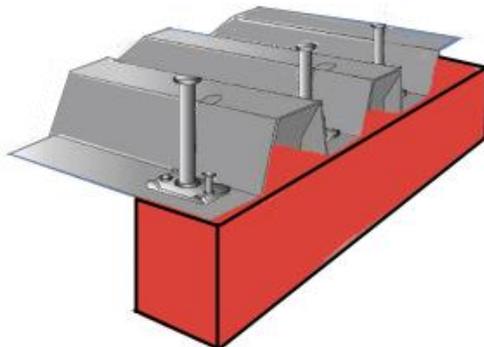


Ilustración 7 Conectores de cortantes

APLICACIÓN EN VOLADIZOS

Para el diseño de voladizos, la losa deberá contar con un refuerzo de acero en la parte superior (refuerzo negativo) y éste deberá ser calculado por el ingeniero estructural.

Para esos casos, la lámina SteelDeck se debe utilizar únicamente como formaleta para el concreto

Separadores para la malla de retracción

Para apoyar la maya se deben utilizar espaciadores entre la malla de retracción y la lámina de SteelDeck. Los espaciadores podrán ser de varilla soldados a la malla o de concreto.

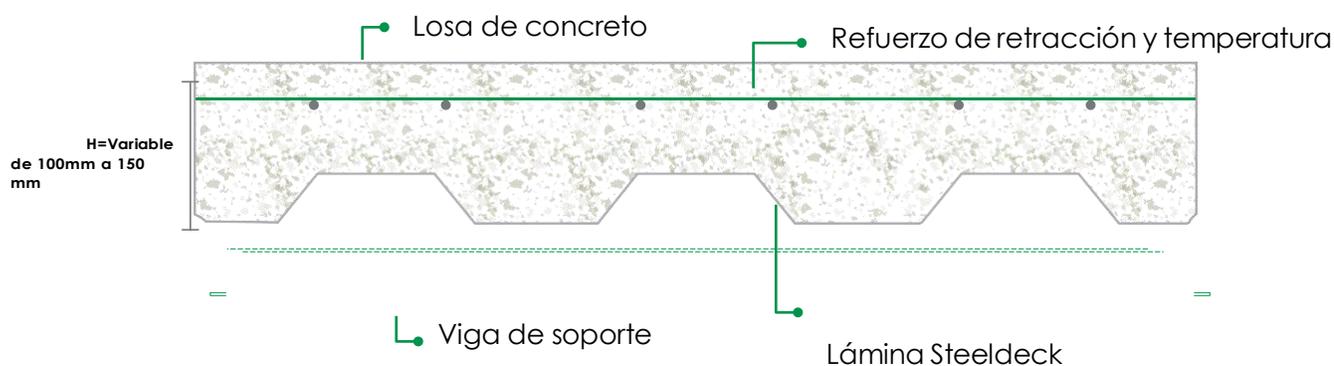


Ilustración 8 Refuerzo de la losa

PROPIEDADES DEL CONCRETO

En el capítulo 8 del código sísmico de Costa Rica se establece que la resistencia mínima a la compresión especificada para el concreto, $f'c$ debe ser de 21 MPa o la que sea requerida por exposición al fuego o durabilidad. Para efectos de cálculo se utilizó la resistencia mínima de 21 MPa y una densidad de 2400 Kg/m³.

USO DE ADITIVOS PARA EL CONCRETO

Con el uso de aditivos para mejorar las propiedades del concreto debe asegurarse de que los mismos no contengan componentes que puedan reaccionar químicamente con la lámina de acero galvanizado provocando corrosión y desgaste de esta

MEMORIA DE CÁLCULO

VERIFICACIÓN DE LA CUANTÍA DE ACERO REQUERIDA PARA REFUERZO POSITIVO

La cuantía es la razón entre el área transversal del acero y el área transversal del concreto.

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \quad (1)$$

Donde:

A_s = área transversal del acero de refuerzo

b = ancho de la losa

d = peralte efectivo de la losa.

Para las losas fabricadas con las láminas SteelDeck, el peralte efectivo

$d = h - 0.0255$

VERIFICACIÓN DE LA CUANTÍA MÍNIMA

Según la norma ACI 318-19, Sección 9.6.1.2, la cantidad de acero mínima debe ser el valor máximo obtenido al aplicar las ecuaciones (2) y (3):

$$A_{s_{min}} = \frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y} bd \quad (2)$$

$$A_{s_{min}} = \frac{1.4}{f_y} bd \quad (3)$$

Donde:

$A_{s_{min}}$ = área de acero mínima

f'_c = esfuerzo de compresión del concreto = 21 MPa

f_y = esfuerzo de fluencia del acero = 270 MPa

Si se utiliza un concreto con la resistencia de 21 MPa y acero con un esfuerzo de fluencia de 270 MPa, teniendo:

$$A_{s_{min}} = \frac{0.25\sqrt{21}}{270} bd = 4.24 \times 10^{-3} bd$$

$$A_{s_{min}} = \frac{1.4}{270} bd = 5.18 \times 10^{-3} bd$$

Se observa que la segunda expresión da un valor mayor, de modo que, es la que se debe utilizar. Aplicando la ecuación para una losa con peralte bruto de 15 cm (0.15 m) y b = 1 m, el peralte efectivo d=0.1245m y el área mínima de acero debe ser:

$$A_{s_{min}} = 5.18 \times 10^{-3} (0.1245)(1)$$

$$A_{s_{min}} = 6.45 \times 10^{-4} m^2/m$$

Como se puede observar en la Tabla #7, el área transversal de las láminas SteelDeck en todos sus espesores superan el requerimiento mínimo y, por lo tanto, no se requiere agregar varillas de esfuerzo positivo (en tensión) a la losa

Tabla 8 Área transversal de las láminas de SteelDeck según espesor

Espesor de la lámina (mm)	Área transversal (m ² /m)
0.7	8.72 x 10 ⁻⁴
0.8	9.618 x 10 ⁻⁴
1	1.161 x 10 ⁻³

Nota: No se recomienda el uso de la lámina de 0.7 mm de espesor para losas de mas de 15 cm de espesor.

VERIFICACIÓN DE LA CUANTÍA MÁXIMA

El área máxima de acero de refuerzo positivo se calcula con la ecuación:

$$A_{s_{m\acute{a}x}} = 0.85 \beta_1 \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_c + \epsilon_s} \right) \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) bd$$

Donde:

ϵ_c = Deformación unitaria del concreto en el punto de ruptura. $\epsilon_c = 0.003$

ϵ_s = Deformación unitaria del acero en el punto de fluencia

β_1 = factor adimensional que determina la altura del bloque a compresión. Su valor debe estar entre:

$$0.65 \leq \beta_1 < 0.85$$

Para $f'_c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$ (27.5 Mpa) $\beta_1 = 0.85$

La norma ACI 318 indica que la losa se debe diseñar para falla dúctil. Se produce una falla dúctil cuando el concreto alcanza la deformación de ruptura hasta que el acero haya alcanzado una deformación unitaria $\epsilon_s = 0.005$. Esta condición permite que se observen indicios de agrietamiento en el concreto mucho antes de que falle.

Sustituyendo valores en la ecuación (4) se tiene:

$$A_{s_{max}} = 0.85 (0.85) \left(\frac{0.003}{0.003 + 0.005} \right) \left(\frac{21}{270} \right) (0.1245)(1)$$

$$= 0.00262 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$A_{s_{max}} = 2.62 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

Con esto se demuestra que la lámina SteelDeck, en ninguno de sus espesores no excede la cuantía máxima.



CUANTÍA DE ESFUERZO POR RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Según la Norma ACI318-19, la cuantía mínima de refuerzo por retracción y temperatura en losas donde se empleen barras corrugadas o refuerzo electrosoldado de alambre grado 420, debe ser:

$$p_{\text{mín}} = 0.0018$$

Para alcanzar esta cuantía, se debe utilizar una malla electrosoldada de geometría cuadrada de 15 cm x 15 cm hecha con alambre de 4.1 milímetros de diámetro.

ANÁLISIS DE DEFORMACIONES

En la ilustración 9 se observa el diagrama de deformación unitaria de la losa de concreto y la distribución de las fuerzas de compresión y de tensión ejercidas sobre el concreto y el acero respectivamente.

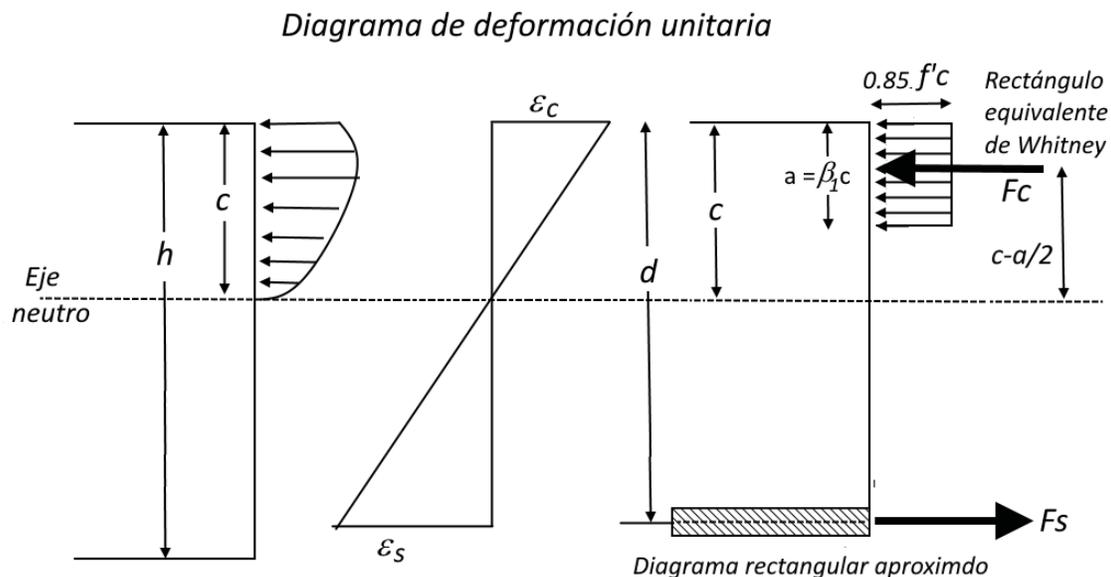


Ilustración 9 Diagrama de deformación unitaria

- c = profundidad del eje neutro de la sección.
- a = espesor del bloque de concreto a compresión equivalente.
- f_c = fuerza de compresión sobre el concreto.
- f_s = fuerza de tensión sobre el acero.
- ϵ_c = Deformación unitaria del concreto en el punto de ruptura.
- $\epsilon_c = 0.003$
- ϵ_s = Deformación unitaria del acero en el punto de fluencia
- β_1 = factor adimensional que determina la altura del bloque a compresión. Su valor debe estar entre:

CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD DEL EJE NEUTRO C

Del diagrama de deformaciones unitarias para el concreto y el acero mostrado en la ilustración 5, se puede realizar el siguiente análisis de semejanza de triángulos:

Formula A

$$\frac{\varepsilon_c}{c} = \frac{(\varepsilon_c + \varepsilon_s)}{d}$$

Despejando C se tiene:

$$c = \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_s} \right) d \quad (5)$$

CÁLCULO DE LA FUERZA DE COMPRESIÓN EN EL CONCRETO

La fuerza de compresión sobre el concreto F_c se determina multiplicando el esfuerzo de compresión o resistencia máxima del concreto por el área transversal del bloque de concreto reducido.

Donde:

$$F_c = 0.85 f'_c a b \quad (6)$$

$$a = \beta_1 c \quad (7)$$

Sustituyendo la fórmula (5) en (7), se obtiene:

$$a = \beta_1 \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_c + \varepsilon_s} \right) d \quad (8)$$

Sustituyendo los valores de las deformaciones unitarias en la ecuación (8)
 $\varepsilon_s = 0.005$ $\varepsilon_c = 0.003$ y $\beta_1 = 0.85$, se tiene que:

$$a = 0.85 \left(\frac{0.003}{0.003 + 0.005} \right) d$$

$$a = 0.31875 d \quad (9)$$

MOMENTO RESISTENTE PRODUCIDO POR LA FUERZA F_c

El momento resistente de la losa de concreto armado se determina multiplicando la fuerza de compresión sobre el concreto por la distancia entre el centroide del bloque de concreto reducido hasta el eje neutro y aplicando un factor de reducción, como se indica en la siguiente ecuación:

$$M_R = \phi F_c (c - a/2) \quad (10)$$

Donde:

ϕ = Factor de reducción. Para el caso de falla elástica (por tensión), el valor de ϕ es 0.9

Se entiende que:

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

Sustituyendo el valor de ϕ y la relación de C en la ecuación (10) se tiene que:

$$M_R = 0.9 (0.85 f'_c a b) \left(\frac{a}{0.85} - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_R = 0.5175 f'_c a^2 b$$

Si se sustituye el valor de a obtenido en la ecuación (9), se tiene:

$$M_R = 0.5175 f'_c (0.31875 d)^2 b$$

$$M_R = 0.05258 f'_c d^2 b \quad (11)$$

Para una losa apoyada en sus extremos con una carga distribuida q , el momento máximo generado es:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{q L^2}{8} \quad (12)$$

Si se igualan las ecuaciones (10) y (11) tenemos:

$$\frac{q L^2}{8} = 0.05258 f'_c d^2 b$$

Despejando q, y sustituyendo d en términos de h

$$q = \frac{0.42063 f'_c (h - 0.0255)^2 b}{L^2}$$

$$q = \frac{0.42063 f'_c (h - 0.0255)^2 b}{L^2} \quad (13)$$

HIPÓTESIS DE CARGA CRÍTICA

Siguiendo las recomendaciones del Código Sísmico de Costa Rica para obtener la carga última de diseño, la combinación de cargas más exigente para losas está definida por la siguiente ecuación:

$$q_{max} = 1.2 C_M + 1.6 C_V \quad (14)$$

Donde:

CM = carga muerta o carga propia de la losa.

CV = carga viva o carga temporal que soportará la losa.

Despejando la carga viva Cv de la ecuación (14) tenemos:

$$C_V = \frac{q_{max} - 1.2 C_M}{1.6} \quad (15)$$

CÁLCULO DE LA CARGA MUERTA (PESO PROPIO DE LA LOSA)

Para este análisis se consideró la carga propia de la losa, compuesta por el peso del concreto, el peso del acero de la lámina colaborante (SteelDeck) y de la malla de retracción.

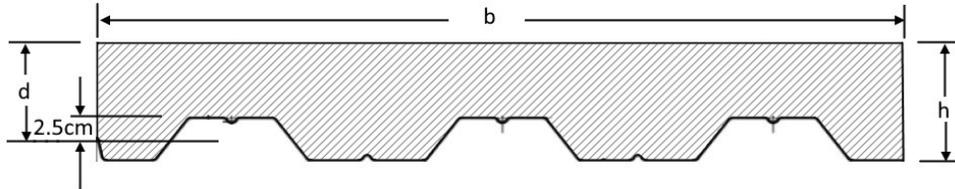


Ilustración 10 Área transversal de la losa compuesta

Primero se debe calcular el área transversal total de la losa. Para ello se calcula el área de la base y luego se le suma el área del rectángulo superior.

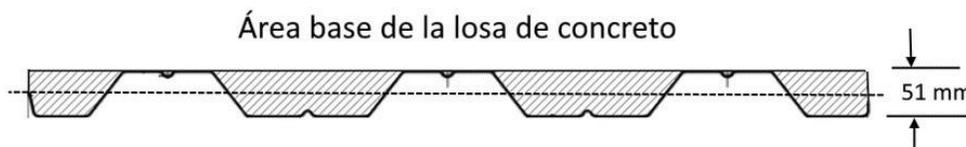


Ilustración 11 Área de la base de la sección transversal de la losa

El volumen de concreto se determinará con la siguiente ecuación:

$$V_c = (A_{TL} - A_S)L - V_M \quad (16)$$

Donde:

V_c = volumen de concreto (m³).

A_{TL} = área transversal total de la losa (m²).

A_S = área transversal de la lámina SteelDeck (m²).

L = longitud de la losa (m).

V_M = volumen de la malla de retracción (m³).

Finalmente, el peso del concreto se determina multiplicando su volumen por su densidad y el peso total de la losa será la suma de los pesos del concreto, la lámina colaborante y la malla de retracción. El resumen de resultados se muestra en la tabla #10.

Tabla 10 Área transversal de las láminas de SteelDeck según espesor

Área transversal y volúmenes de la losa		
Área transversal en la base	0.024480	m ²
Área transversal superior	0.094545	m ²
Área transversal Total	0.119025	m ²
Área transversal de la lámina	0.001161	m ²
Volumen malla retracción	0.002521	m ³
Volumen de concreto	0.233207	m ³
Área superficial de la losa unitaria (m ²)	1.91	m ²
Peso del concreto	293.03	kg/m ²
Peso de la lámina colaborante	9.55	kg/m ²
Peso malla electrosoldada 150x150 x 4.11 mm	10.361	kg/m ²
Peso propio por m ²	312,941	kg/m ²
	3069.95	N/m ²

CÁLCULO DE LA DEFLEXIÓN MÁXIMA DE LA LÁMINA DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO

Durante el proceso constructivo, cuando se vierte el concreto sobre la lámina, ésta debe actuar como formaleta, de modo que, debe resistir el peso combinado del concreto más la malla de refuerzo por retracción más el peso mismo de la lámina. Para este análisis, se considera la lámina como una viga simplemente apoyada en sus extremos y sometida a una carga distribuida, en cuyo caso la deflexión máxima está dada por la relación:

$$y_{\text{máx}} = \frac{5qL^4}{384EI} \quad (17)$$

Donde:

q = la carga distribuida debida al peso del concreto, la malla de retracción y el peso propio de la lámina.

E = módulo de elasticidad del acero

I = momento de inercia de la lámina.

Evaluando en la ecuación (17) para la condición extrema (Peralte h = 15 cm y L = 2m) y los diferentes espesores de las láminas SteelDeck, obtenemos los resultados que se muestran en la Tabla #11.

Tabla 11 Deflexiones máximas de las láminas durante el proceso constructivo para una losa con peralte de 15cm y un claro máximo de 2m

Espesor de la Lámina (mm)	Peso combinado (N/m)	Deflexión Máxima (m)	Deflexión Permisible (m)
0.7	2916	6.98E-03	8.33E-03
0.8	2922	6.20E-03	8.33E-03
1.0	2932	5.09E-03	8.33E-03

Como se puede observar, para ninguno de los espesores se alcanza la deflexión máxima permisible. La deflexión máxima se obtiene para la lámina de 0.7 mm y por esa razón no se recomienda para losas con un peralte mayor a 15 cm.



CÁLCULO DEL ESFUERZO MÁXIMO SOBRE LA LÁMINA STEELDECK DURANTE EL PROCESO CONSTRUCTIVO

Por la misma razón que determinamos la deflexión máxima de la lámina colaborante durante el proceso constructivo, se debe calcular el esfuerzo máximo al que se verá sometido por el peso combinado dado que, cuando se vierte el concreto, éste no tiene ninguna resistencia y la lámina deberá soportar todo el peso combinado. Utilizando la ecuación 12, determinamos el momento flector máximo.

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{q L^2}{8} \quad (12)$$

Además, utilizando la ecuación (18), determinamos el esfuerzo normal máximo que soportará el acero.

$$\sigma = \frac{M_{m\acute{a}x}}{S_s} \quad (18)$$

Los resultados de ambos cálculos y el factor de seguridad correspondiente que resulta de dividir el esfuerzo de fluencia del acero entre el esfuerzo máximo aplicado se muestran en la Tabla #12.

Tabla 12 Esfuerzo máximo sobre la lámina de SteelDeck durante el proceso constructivo

Espesor de la lámina (mm)	M _{máx.} sobre la lámina	δ _{máx.} sobre la lámina	Factor de seguridad
0.7	1.46E+03	8.54E+07	3.57
0.8	1.46E+03	7.59E+07	4.02
1.0	1.47E+03	6.23E+07	4.90

Como se puede observar en la tabla #12, todos los espesores de las láminas SteelDeck cumplen con la resistencia máxima requerida durante el proceso constructivo.

Los perfiles de la lámina de SteelDeck exceden las especificaciones máximas expuestas en este documento, lo que genera confiabilidad a nuestros clientes. Esto avalado por el análisis de simulación por el método de elementos finitos por medio del software Autodesk Inventor®.

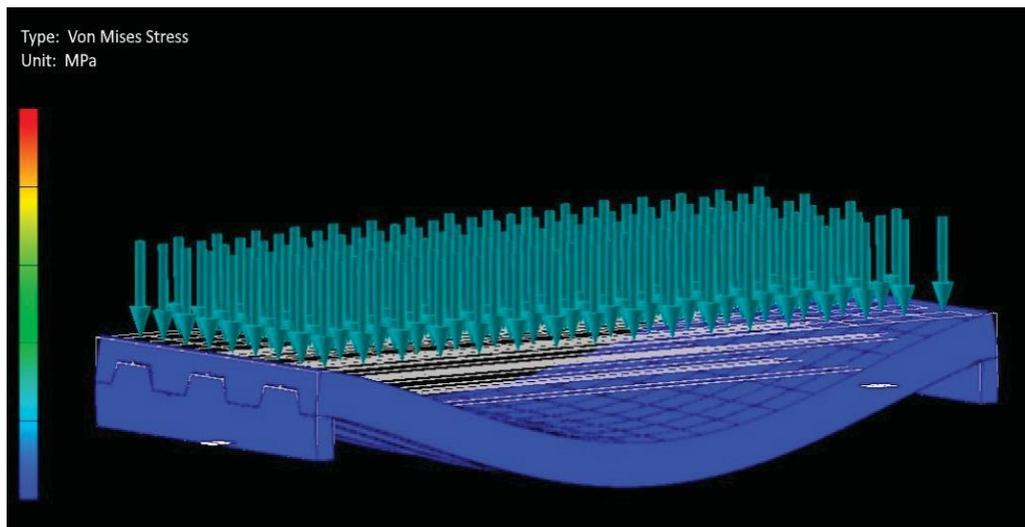
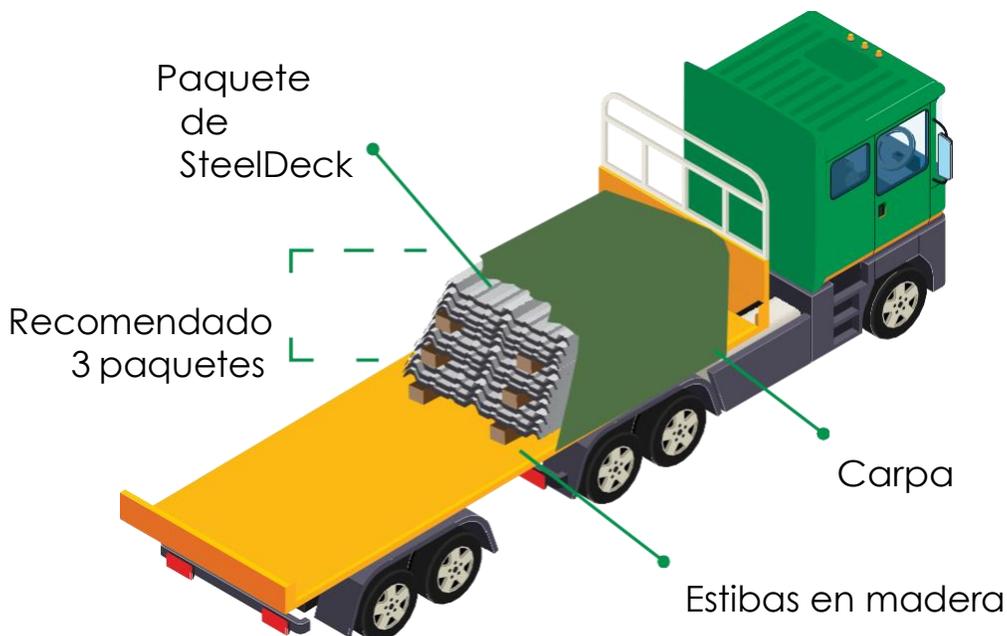


Ilustración 12 Imagen de salida del análisis de esfuerzos por el método de elementos finitos

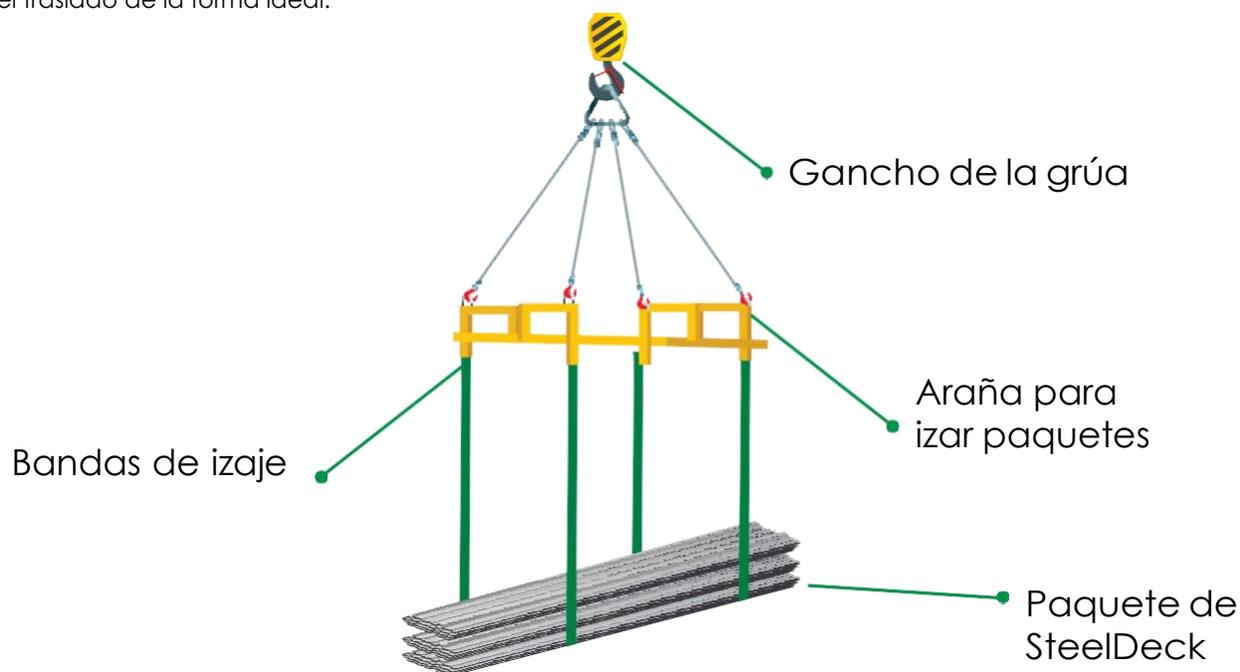
TRANSPORTE



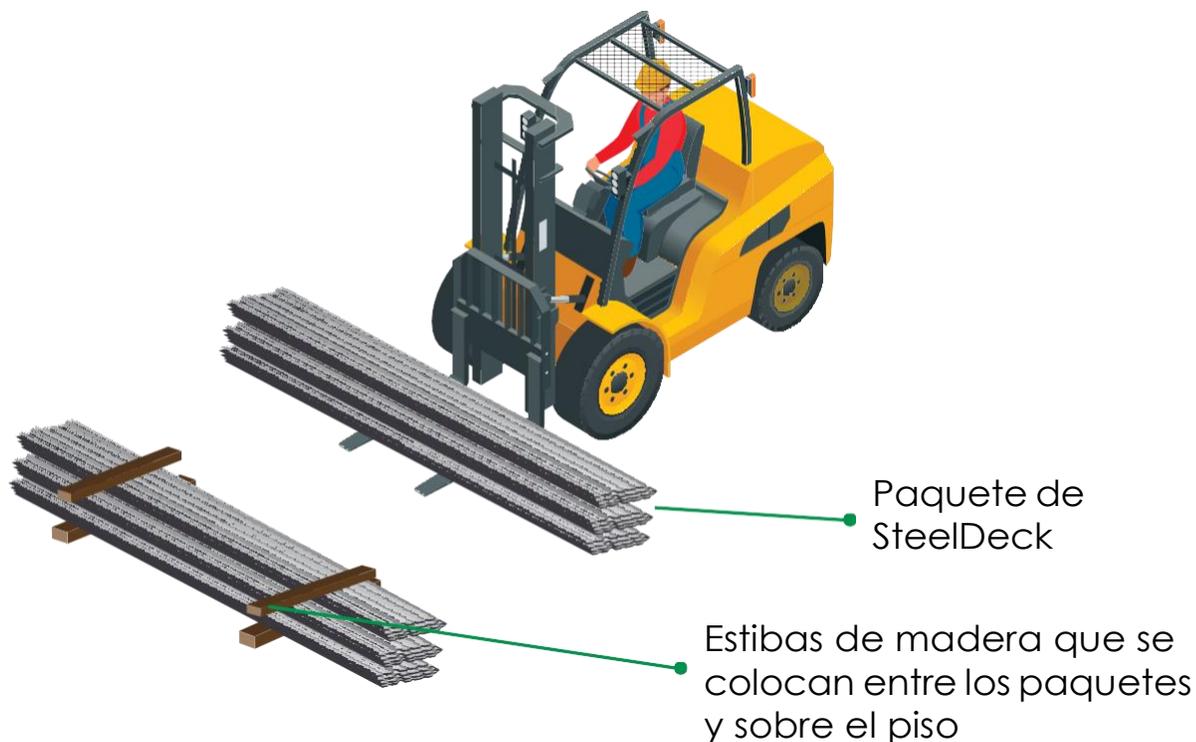
DESCARGA

El manejo del material debe ser la adecuada considerando el equipo o maquinaria que se tenga a disposición para manipularla.

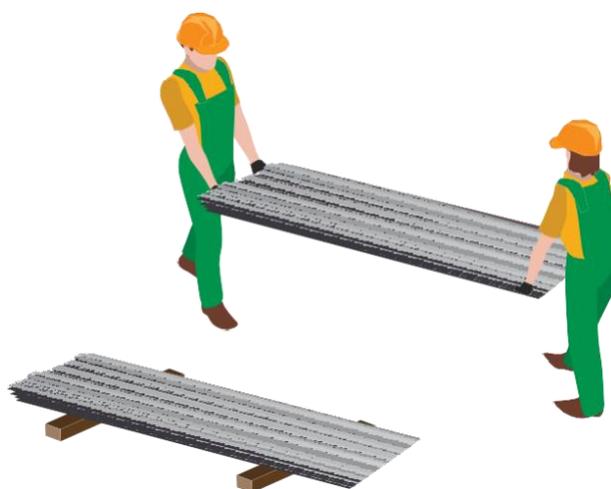
De manera mecánica debe colocar los cables de la grúa en los extremos de los paquetes de SteelDeck y proceder a realizar el traslado de la forma ideal.



Al usar montacargas asegúrese que las uñas de este quepan entre los paquetes separados por las estibas de madera y que no toquen los demás paquetes.

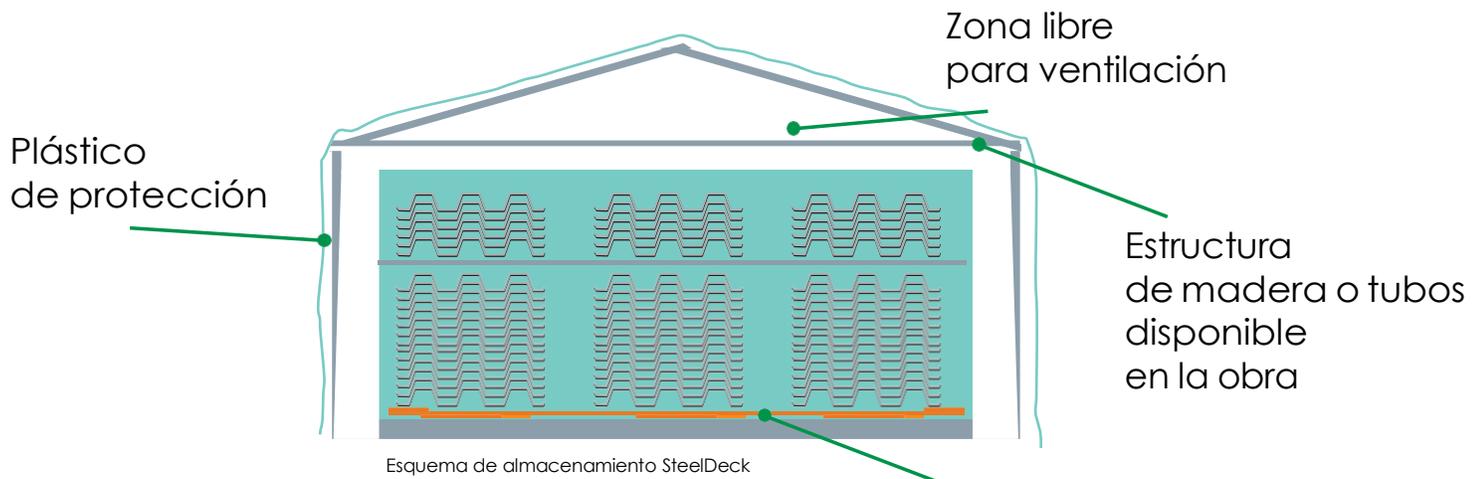


Si el descargue se va a realizar de forma manual, se recomienda una cantidad de 4 personas para una correcta manipulación del producto, dos personas sobre el vehículo y dos debajo para que lo coloquen sobre las estibas de madera.

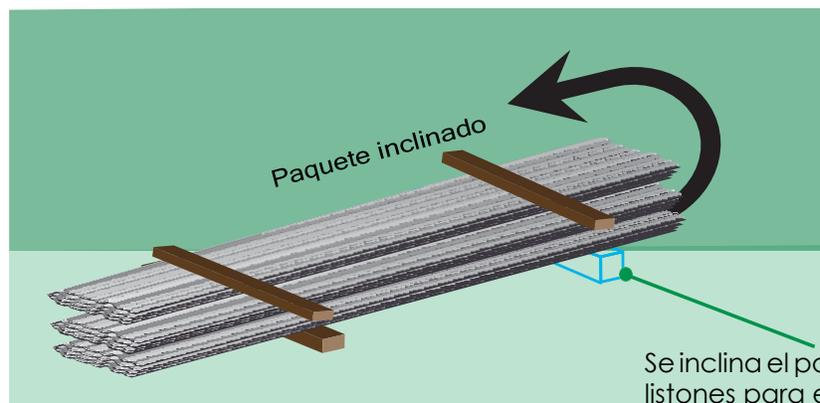


ALMACENAJE

- El sitio donde se almacenen los paquetes no debe tener humedad y debe ser plano, es importante mantener seco el producto por lo cual se debe colocar una carpa, plástico o bajo techo para evitar que se humedezca y se produzcan daños por humedad.
- A los paquetes se le debe dar una pequeña inclinación para que el agua fluya y no se estanque, esto en el caso de que le llegara a caer agua o algún líquido.



Bloque de madera sobre el piso y entre láminas con inclinación para drenar en caso que el material se encuentre con agua



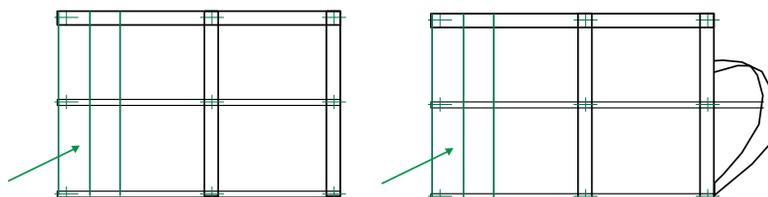
Se inclina el paquete colocándole dos listones para evitar acumulación de agua en el paquete de SteelDeck en obra

INSTALACIÓN Y MONTAJE

A continuación, se presentan una serie de recomendaciones para instalar las láminas de SteelDeck en cualquier construcción.

DIRECCIÓN Y COLOCACIÓN DEL STEELDECK

Antes de colocar las láminas de SteelDeck debe considerar la geometría del área en la que se va a trabajar, colocando de la parte más favorable geoméricamente a la zona irregular. Como se muestra a continuación:



DIRECCIÓN Y COLOCACIÓN DEL STEELDECK

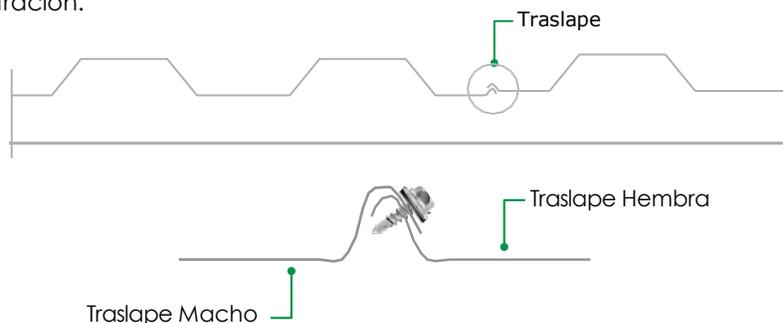
Cuando por la geometría irregular del área a trabajar se requieran cortes de las laminas de SteelDeck, debe realizarse con el uso de sistema de cortes que sean aplicables al acero galvanizado, como sistema de cortes de abrasión (pulidora), corte por acetileno (soplete). Siempre cuidando de realizar la correcta limpieza de virutas efecto del proceso de corte y protegiendo los bordes cortados haciendo uso de pintura anticorrosiva.



POSICIÓN Y TRASLAPE DE LAS LÁMINAS

Es importante tener cuidado a la hora de colocar de forma correcta las láminas, asegurando que queden trabajando de una la forma adecuada.

Al colocarlas debe verificar la posición del SteelDeck, posicionando el lado macho por debajo, como se muestra en la siguiente ilustración.

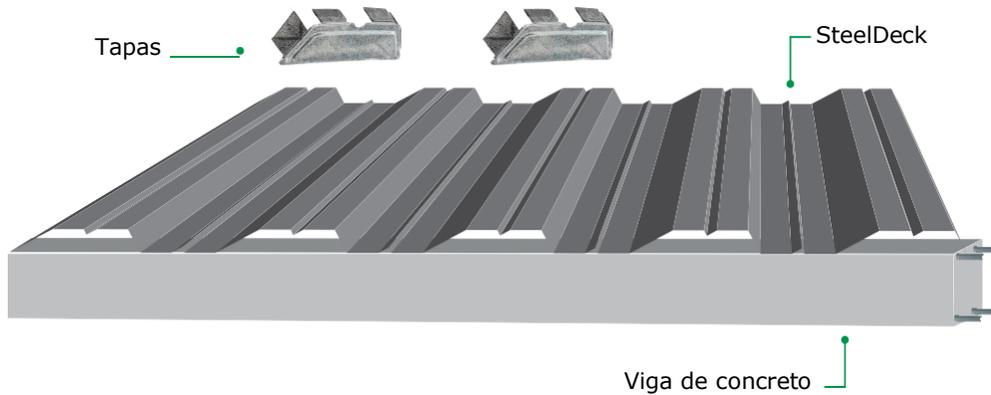


Al no colocarse de acuerdo con la ilustración anterior y hacerlo de forma invertida podría generar una reducción de la capacidad de carga.



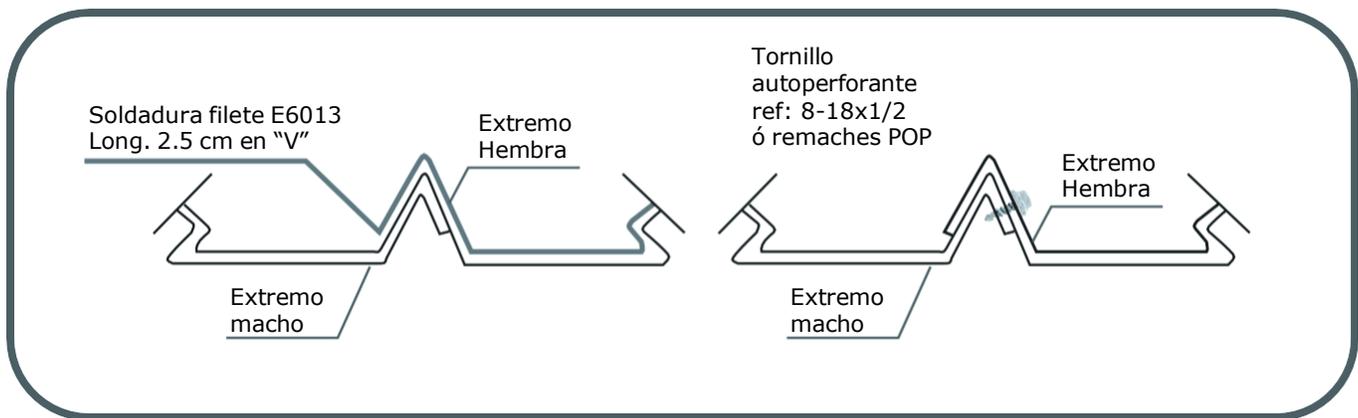
TAPAS DE CIERRE

Utilice las tapas de cierre para evitar que el concreto se desborde, en los casos que el vaciado de concreto lo requiera.



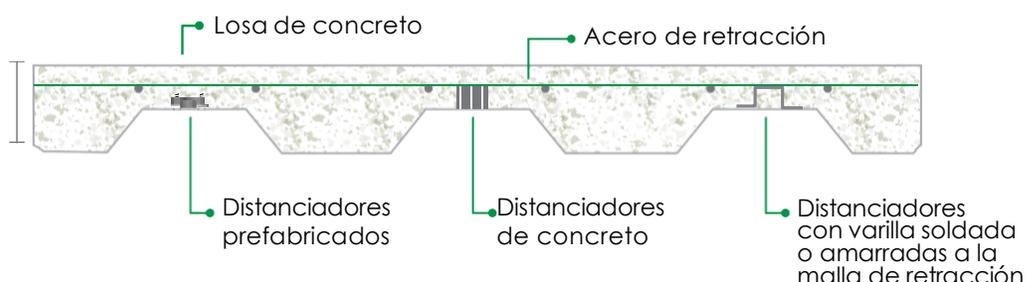
FIJACIÓN LATERAL

Las láminas de SteelDeck deben estar fijadas unas con otras con tornillos auto perforantes, puntos de soldadura o remaches pop.



INSTALACIÓN DE MALLA O ACERO DE RETRACCIÓN DE FRAGUADO

La malla electrosoldada debe colocarse sobre los dados de concretos prefabricados, quedando a 2.5cm por debajo de la superficie de la losa de concreto.
 La malla mínima recomendada es de 4mm de diámetro, la misma separada en cuadrícula de 15cm x 15cm o con varillas amarradas a mano en ambos sentidos.
 Es recomendado amarrar los distanciadores de concreto con alambre recocido No. 18.

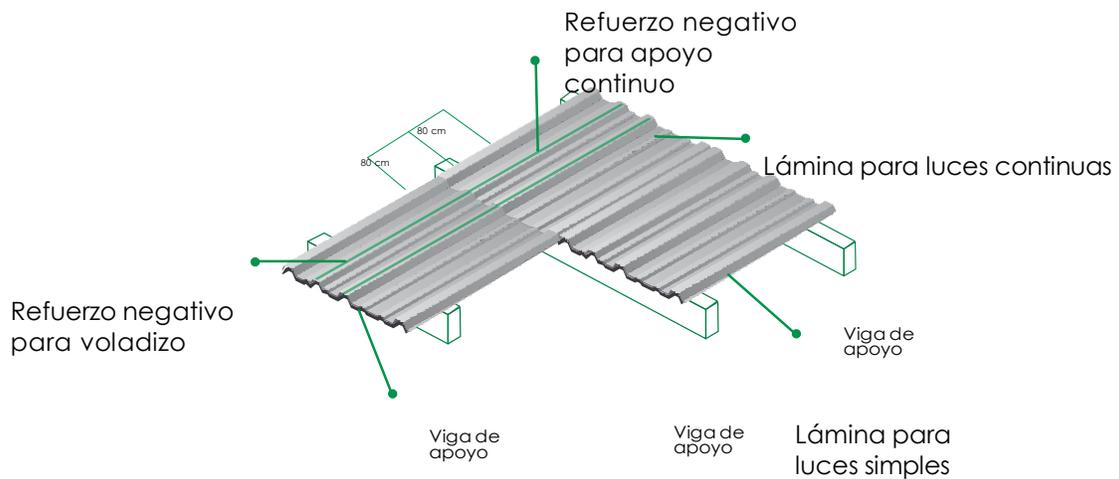
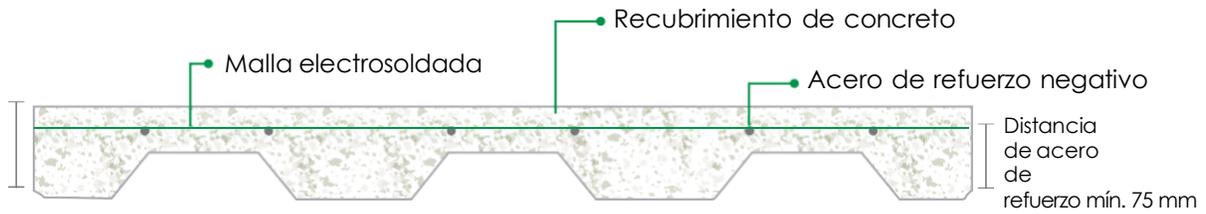


REFUERZO NEGATIVO PARA LAS LOSAS DE STEELDECK

Cuando se funde una placa de SteelDeck con varias luces continuas, generalmente en la parte superior de la placa de concreto, normalmente genera fisuras, que no suelen generar problemas estructurales, pero si representa problemas estéticos.

Para ello es necesario colocar varillas de acero para absorber los esfuerzos que se genera y evitar la presencia de fisuras, por lo general el acero que se coloca para controlar la retracción de fraguado no es suficiente para absorber la totalidad de los esfuerzos que se generan, por lo cual se debe adicionar mayor esfuerzo en esos puntos.

Como recomendación se debe utilizar varilla de acero #4 con una longitud de 1.60cm, las mismas colocadas encima de los valles de la lámina con un recubrimiento mínimo de concreto de 2.5cm. la utilización de acero de retracción no se debe suspender en esta zona.

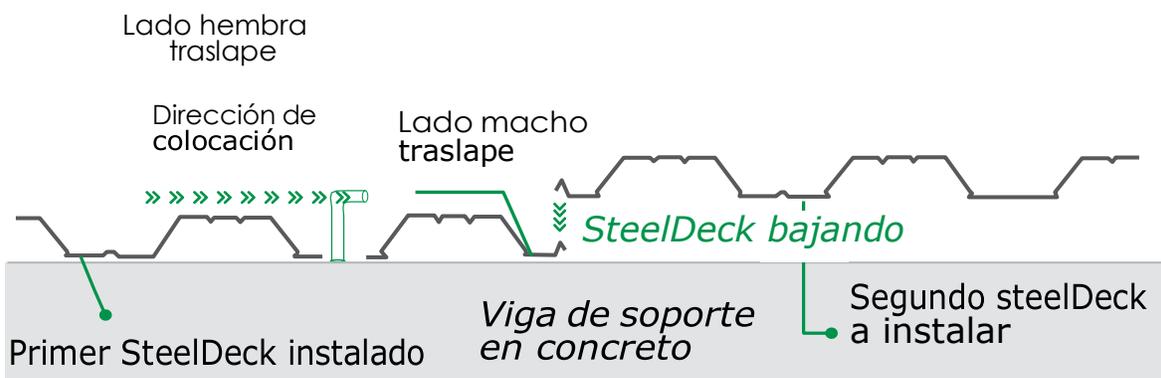
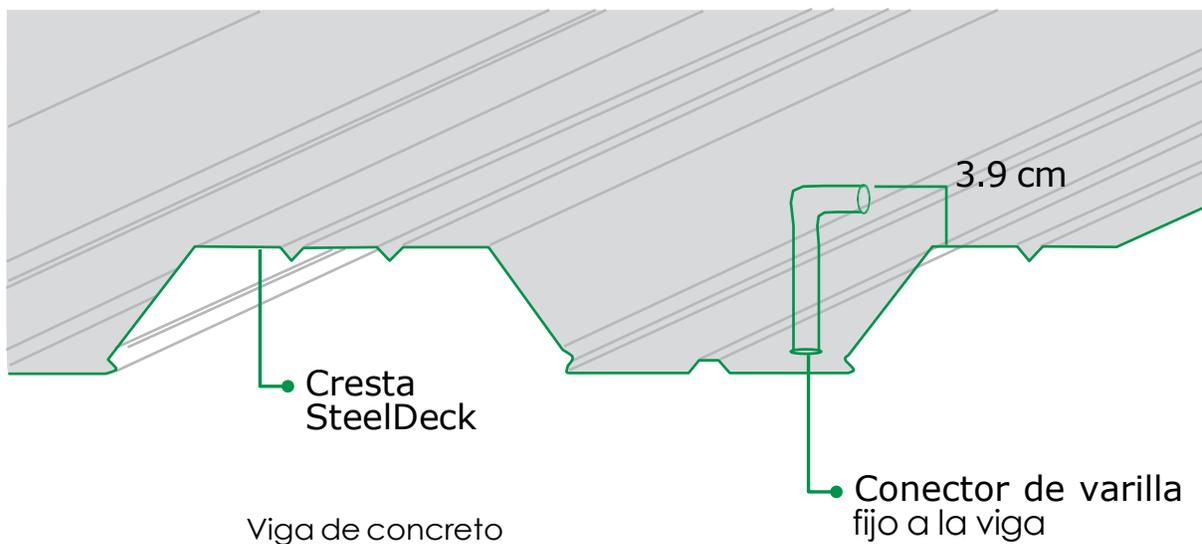


En voladizo la lámina solo funciona como formaleta



COLOCACIÓN DE STEELDECK SOBRE VIGAS DE PREFABRICADAS DE CONCRETO

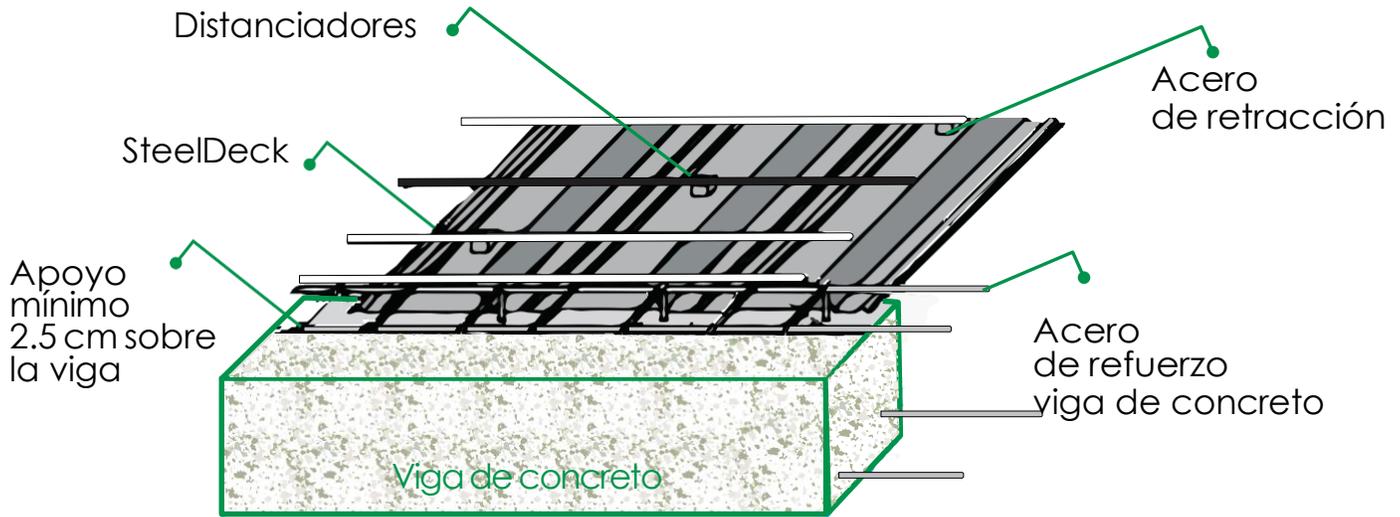
Funda las vigas dejando pelos de varilla de 5/8" aproximadamente como máximo cada 60cm, con el objetivo de amarrar las laminas de SteelDeck a la estructura. La altura del conector deber ser mínimo de 3.9cm medidos a partir de la cresta del SteelDeck, como se evidencia en la siguiente imagen.



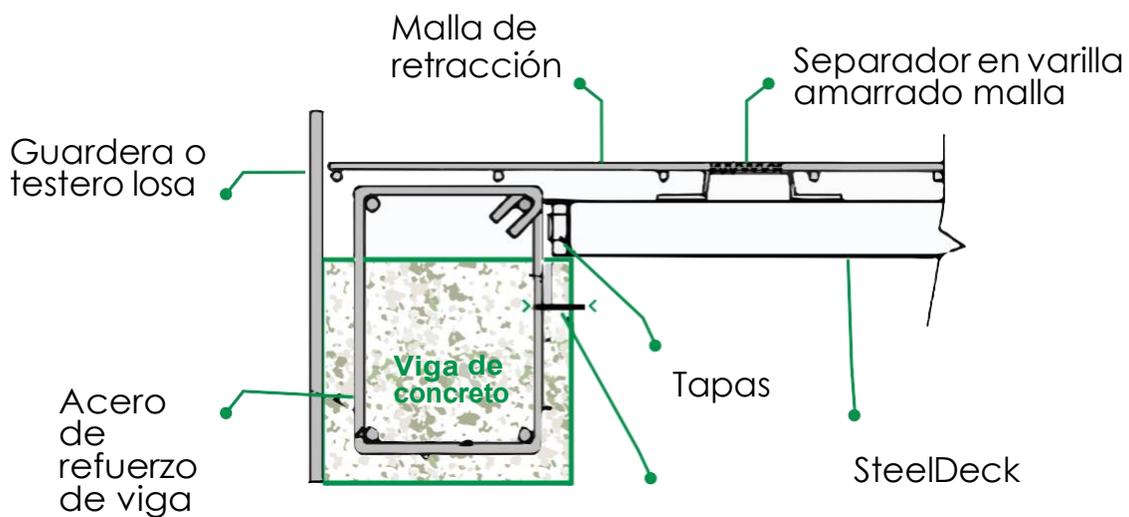
Conector sugerido para amarrar el concreto de la losa con el concreto de la viga previamente fundida

VIGAS DE CONCRETO Y STEELDECK FUNDIDAS EN DOS ETAPAS

Instale las vigas hasta la altura de la colocación de SteelDeck, como se muestra en la siguiente imagen



Proceda a instalar las láminas de SteelDeck dejando un apoyo mínimo sobre la viga de 2.5cm.

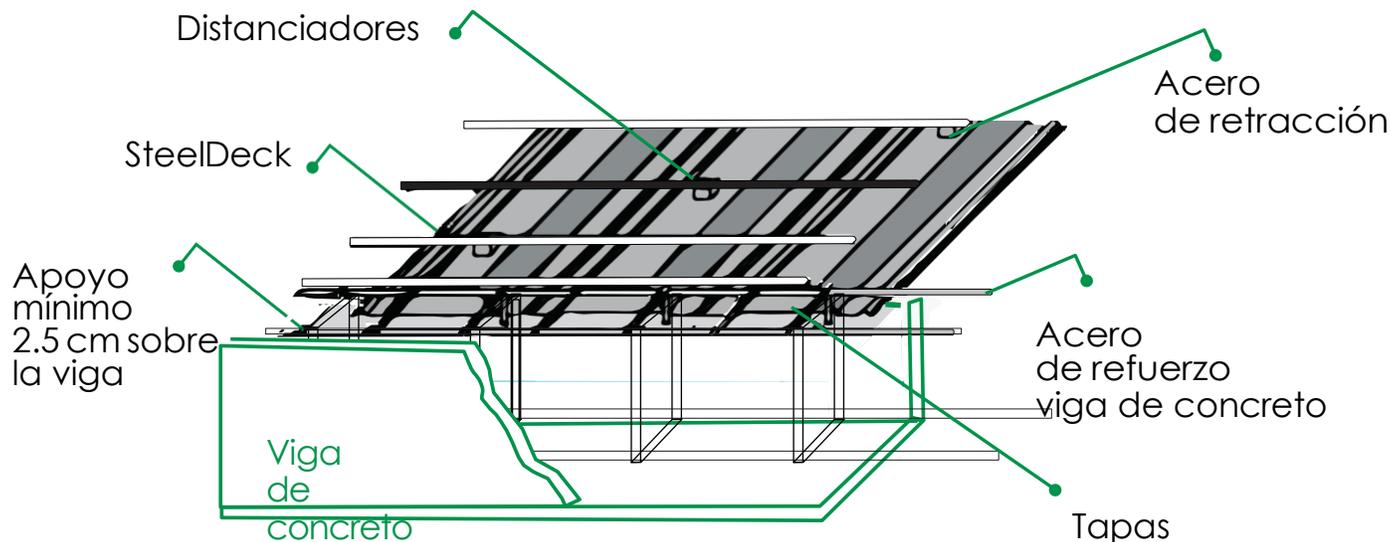


Apoyo mínimo
2.5 cm sobre viga

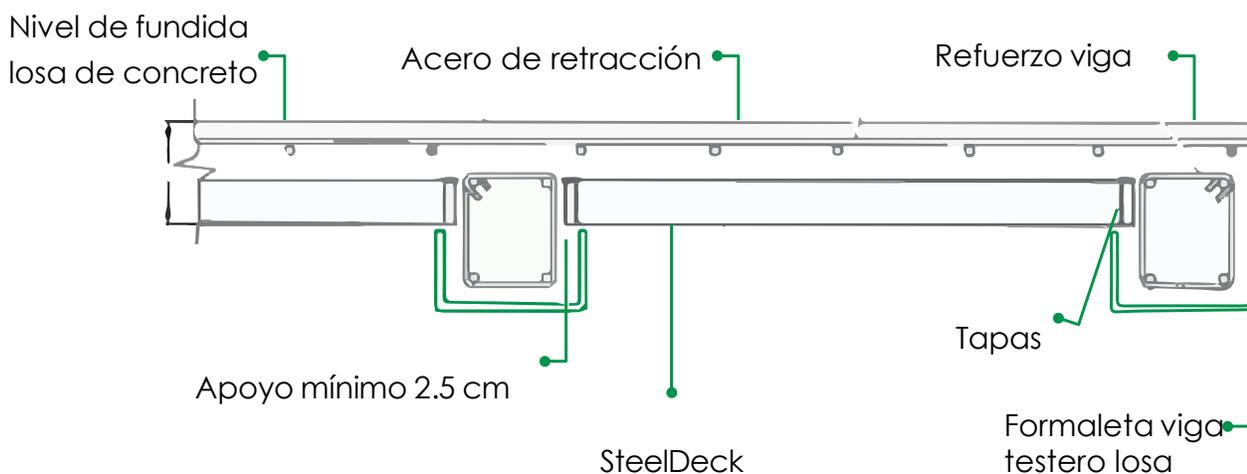


VIGAS DE CONCRETO Y STEELDECK FUNDIDAS MONOLÍTICAMENTE

Apoye SteelDeck sobre los testeros de la viga, como se evidencia en la siguiente imagen



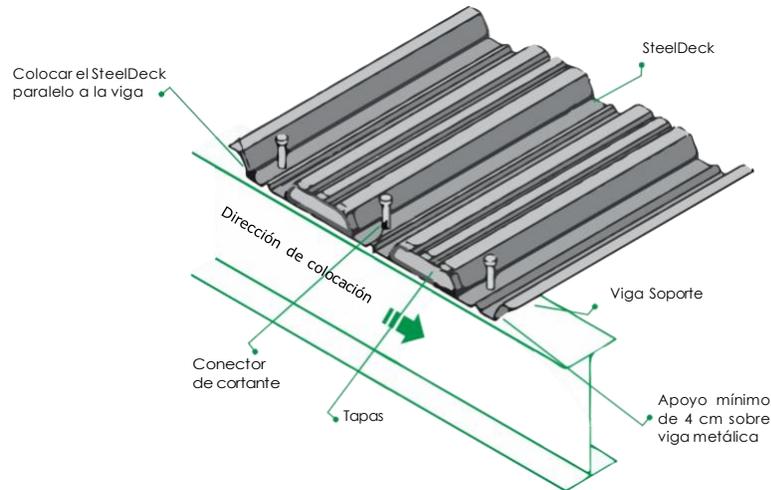
Instale el SteelDeck sobre los testeros de la viga con un recubrimiento de al menos 2.5 cm para que sirvan de apoyo a la lámina, como se muestra en la siguiente imagen.



STEELDECK SOBRE VIGAS METÁLICAS

Instale las láminas de SteelDeck con un apoyo mínimo de 4 cm.

En dado caso de que dos láminas de SteelDeck consigan un mismo apoyo, pueden ir a tope o una sobre la otra, lo importante es que cada una tenga un apoyo mínimo de 4 cm.



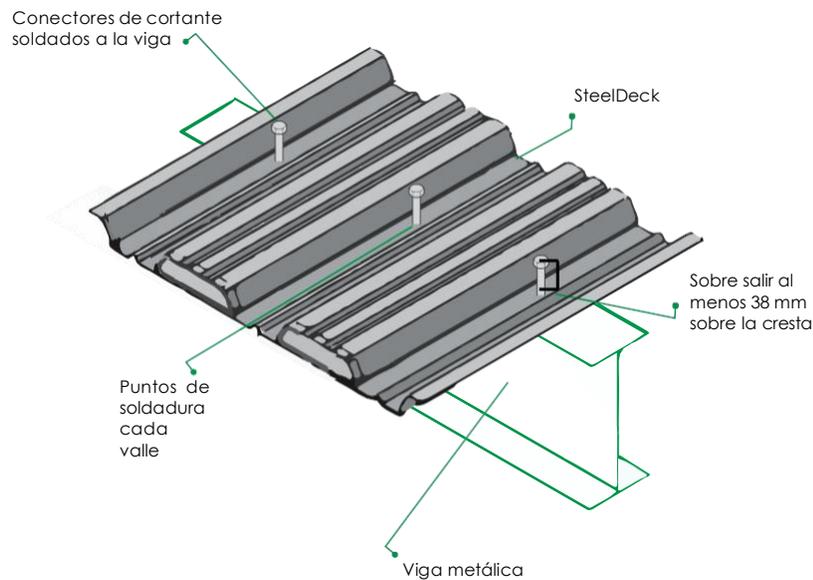
Afirme las láminas a las vigas metálicas en cada valle mediante arandelas con soldaduras de tapó o sujetadores mecánicos.

Coloque los conectores de cortante sobre las vigas, esto a través de la lámina directamente a la viga.

Posteriormente coloque las instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias.

Instale el acero de retracción una vez instalados

Coloque el concreto para la fundición de la losa.



COLOCACIÓN DE CONCRETO

Al colocar el concreto sobre las láminas de SteelDeck debe hacerlo de forma cuidadosa y bien esparcido, evitando que toda la masa caiga sobre un punto en específico, ya que puede afectar la integridad del producto.

A continuación, se muestran ejemplos de cómo se debe y no se debe hacer.



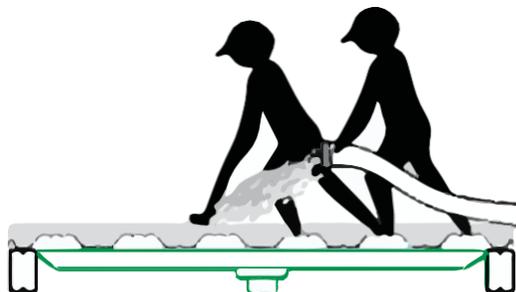
Forma incorrecta



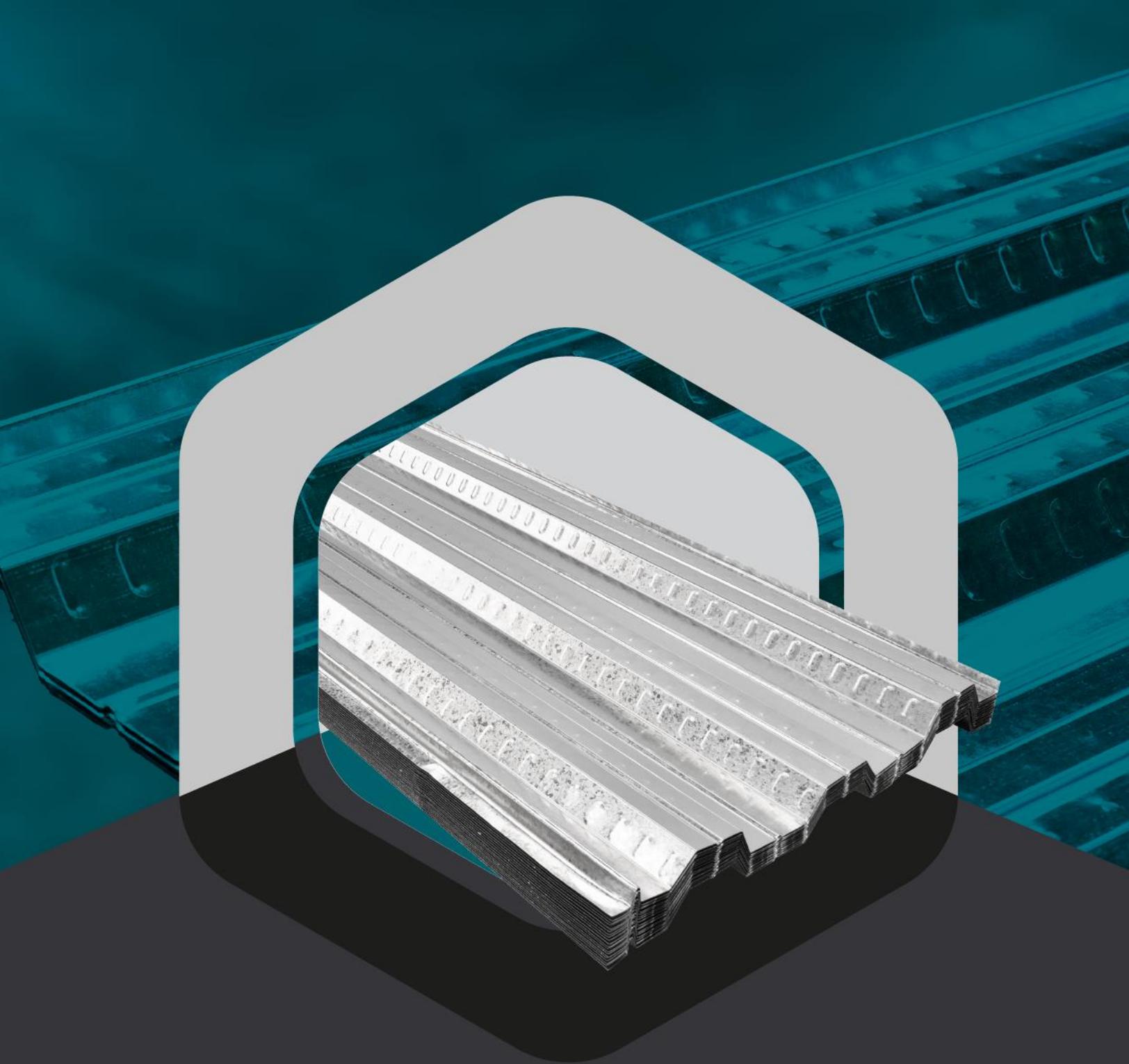
Forma correcta



Forma incorrecta



Forma correcta



STEELDECK

MANUAL TÉCNICO

METALES FLIX