

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Guía de diseño de losas de contrapiso con refuerzo para control
de fisuras**

Martín André Williamson Ugalde

Ingeniería Civil

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Civil

Quito, 22 de mayo de 2021

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Guía de diseño de losas de contrapiso con refuerzo para control
de fisuras**

Martin André Williamson Ugalde

Nombre del profesor, Título académico

Juan José Recalde, Ph.D

Quito, 22 de mayo de 2021

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Martin André Williamson Ugalde

Código: 00136857

Cédula de identidad: 1719144733

Lugar y fecha: Quito, 22 de mayo de 2021

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Las losas de contrapiso se definen como, losas las cuales tienen como principal función soportar cargas aplicadas apoyándose en el suelo. En el Ecuador, los contrapisos son muy utilizados en planta baja de viviendas, en el último subsuelo de edificios, y en otras construcciones como bodegas, galpones, pisos industriales entre otros. Lamentablemente en el Ecuador y en otros países de Latinoamérica, no existe una guía oficial para el diseño de losas de contrapiso con refuerzo para el control de fisuras. Debido a esto, y particularmente para viviendas, éstas son diseñadas y construidas de manera empírica, por ende, pueden presentar problemas de serviciabilidad como son las fisuras. Por este motivo, en el presente proyecto, se realizó una investigación acerca de normas y códigos existentes para el diseño de contrapisos, y se llevó a cabo una guía de diseño de losas de contrapiso no-reforzadas y con refuerzo para el control de fisuras en formato NEC2015 basado en la guía ACI3606, en español y en el Sistema Internacional de unidades. Adicional a esto, se realizó un artículo técnico tipo revista mostrando un ejemplo basado en la guía para el piso de un galpón industrial de 9 x 10m, con y sin refuerzo.

Palabras clave: losas, contrapiso, normas, fisuras, juntas.

ABSTRACT

Slabs-on-grade are defined as slabs whose main function is to support applied loads resting on the ground. In Ecuador, slabs-on-grade are widely used in the first floor of houses, in the top subfloor of buildings, and in other constructions such as warehouses, sheds, industrial floors, among others. Unfortunately, in Ecuador and in other Latin American countries, there is no official guide for the design of these slabs with reinforcement for crack control. Due to this, and particularly for houses, these are designed and constructed in an empirical way, therefore, they can present serviceability problems such as cracks. For this reason, in the present project, an investigation of existing standards and codes for the design of slabs on grade was carried out, and a design guide for unreinforced and reinforced slabs for crack control was developed in NEC2015 format based on the ACI3606 guide, in Spanish and in the International System of Units. In addition to this, a technical magazine article was prepared showing an example based on the guide for the floor of a 9 x 10m industrial shed, with and without reinforcement.

Keywords: Slabs, on-grade, cracks, joints, codes.

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción.....	11
1.1.	Antecedentes	11
1.2.	Justificación	11
1.3.	Objetivos.....	11
1.4.	Actividades a Realizarse	12
1.5.	Resultados Esperados	12
1.6.	Definiciones	12
2.	Desarrollo del Tema	13
2.1.	Marco Teórico.....	13
2.1.1.	Losas de contrapiso	14
2.1.2.	Códigos y normas existentes	14
2.2.	Método de diseño según norma ACI 360R para losas de contrapiso con refuerzo para control de fisuras	15
2.2.1.	Sistemas de soporte de suelo para losas de contrapiso.....	15
2.2.2.	Cargas	16
2.2.3.	Juntas	17
2.2.4.	Losas de contrapiso sin refuerzo	18
2.2.5.	Losas de contrapiso con refuerzo para control de fisuras.....	19
2.3.	Revisión norma ACI 302.1R-15 “Guide to concrete floor and slab construction”	19
2.3.1.	Preparación de la subrasante.....	19
2.3.1.1	Tipos de pisos	20
2.3.2.	Colocación del hormigón.....	21
2.3.3.	Colocación del refuerzo.....	22
2.3.4.	Construcción de juntas.....	23
2.3.5.	Curados y otros	23
2.3.5.1	Curado	23
2.3.5.2	Relleno y sellado de las juntas.....	24
2.3.6.	Control de calidad.....	25
2.4	Borrador de capítulo NEC para diseño de losas de contrapiso con refuerzo para control de fisuras	27

2.5 Ejemplo de diseño	27
2.6 Artículo tipo revista	27
3 Conclusiones.....	28
3.1 Conclusiones	28
3.2 Recomendaciones.....	29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
Anexo A: Borrador de capítulo para la norma ecuatoriana de la construcción para el diseño de losas de contrapiso con refuerzo para control de fisuras.	32
CONTENIDO	32
Anexo B: EJEMPLO. Diseño de losas de contrapiso con refuerzo para control de fisuras	71
ANEXO C: ARTÍCULO TIPO REVISTA. Diseño de losas de contrapiso con refuerzo para control de fisuras.....	77
ANEXO D: MÉTODO WRI.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1 Sistema de soporte de suelo para una losa.....	16
Figura No. 2 Control de las consideraciones de diseño para varios diseños de losa sobre suelo (ACI 360, 2016).....	17
Figura No. 3 Ubicación de juntas	18
Figura No. 4 “Proof- Rolling Test”.....	20
Figura No. 5 Tipos de suelos y consideraciones.....	21
Figura No. 6 Resistencias y asentamientos del hormigón recomendados para los distintos tipos de suelos	22
Figura No. 7 Colocación junta de aislamiento (ACI 360, 2016)	25
Figura No. 8 Fisura común por contracción del hormigón.....	26
Figura No. 9 Desprendimiento de junta.....	26

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Las losas de contrapiso son aquellas cuya principal función es soportar cargas apoyándose en el suelo (ACI 360, 2016). Aunque estas forman parte de la estructura, no son consideradas elementos estructurales, por lo cual la Norma Ecuatoriana de la Construcción en ninguno de sus capítulos detalla un diseño para las mismas. Por otra parte, en obras como galpones de almacenamiento o suelos industriales, es importante realizar un correcto diseño de las losas de contrapiso con refuerzo para el control de fisuras ya que, al estar expuestas a distintos tipos de cargas, estas grietas suelen ser muy comunes y pueden presentarse problemas tanto estéticos como de serviciabilidad.

1.2. Justificación

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015), carece de especificaciones para el diseño de losas de contrapiso, debido a esto, la gran parte de ingenieros y constructores del país las ejecuta sin un método determinado y basándose únicamente en su experiencia en obras previamente construidas. Como consecuencia de esto, es muy común que estas estructuras presentan varios problemas como lo son fisuras en el hormigón de contracción por secado, por temperatura, deterioro en las juntas, cambios de planitud y nivel, entre otros, los cuales pueden ser evitados con un correcto diseño y parámetros específicos a seguir para su construcción.

En el presente trabajo de titulación se explica detalladamente una guía para el correcto diseño y construcción de losas de contrapiso para el control de fisuras basado en los códigos ACI 360R y ACI 302.1R-15.

1.3. Objetivos

Los objetivos para el presente proyecto son los siguientes:

- a) Estudiar códigos de diseño de losas de contrapiso.
- b) Elaborar una guía de diseño de losas de contrapiso con reforzamiento para control de fisuras, con ejemplo de diseño.
- c) Redactar un artículo técnico tipo revista.

1.4. Actividades a Realizarse

Las actividades que se procederán a realizar en este trabajo son:

- Revisión de literatura: códigos y normas existentes, entre otros.
- Revisión de ACI 360R y ACI 302.1R.
- Redacción de la guía de diseño con ejemplos.
- Redacción de un artículo técnico tipo revista.

1.5. Resultados Esperados

Los resultados esperados de este trabajo de titulación son los siguientes:

- Guía de diseño de losas de contrapiso con refuerzo para control de fisuras.
- Ejemplo de diseño de losa de contrapiso.
- Artículo técnico tipo revista

1.6. Definiciones

A continuación, se procede a realizar algunas definiciones que resultaran clave para el trabajo de Titulación:

Losa de contrapiso: Losa apoyada en el suelo cuya principal función es soportar las cargas aplicadas apoyándose en el suelo (ACI 360, 2016).

Subrasante: Suelo compactado para soportar cargas.

Módulo de reacción de la subrasante: Respuesta lineal entre la carga y la deformación del suelo.

Contenido de humedad: Relación expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas (ASTM D-2216)

Isotrópico: Propiedades idénticas en todas sus direcciones.

2. DESARROLLO DEL TEMA

2.1. Marco Teórico

El diseño de losas de contrapiso nace de teorías desarrolladas en los años 20 por el ingeniero estructural de origen danés Harold Westergaard las cuales fueron originalmente utilizadas para el diseño de pavimentos en vías y aeropuertos. Estas teorías plantean que este tipo de losa debe ser un elemento homogéneo, isotrópico y elástico, el cual descansa sobre un subgrado que ejerce sobre toda su superficie una presión reactiva vertical proporcional a la deflexión de la losa, a este subgrado se lo conoce como Winkler (ACI 360, 2016). Posteriormente, en 1930 se concluyó que las subrasantes o subgrados se comportan como sólidos elásticos e isotrópicos, por lo que Burmister en 1943 desarrolla una teoría basada en un criterio de deformación limitada bajo carga para losas con espesor finito, pero de extensión infinita, a esta se la conoce como “Comportamiento Estructural de Pavimentos Rígidos” (ACI 360, 2016). Años más tarde, Losberg en 1978, propone otra teoría basada en el concepto de límite elástico para losas que se encuentran apoyadas, pero al utilizar la resistencia última no es muy utilizada para su diseño. A partir de estas 3 teorías mencionadas previamente, se decidió utilizar 3 modelos para el análisis de losas de contrapiso, estos son: Sólido-elástico, isotrópico, losa elástica fina y losa elástica-plástica fina. Mientras que para la subrasante se considera los modelos de sólidos elásticos isotrópicos y Winkler (ACI 360, 2016).

2.1.1. Losas de contrapiso

Una losa de contrapiso es una losa la cual tiene como principal función soportar cargas aplicadas, apoyándose en el suelo (ACI 360, 2016). Existen cuatro tipos: Primero, losas de hormigón sin refuerzo, losas reforzadas para limitar el ancho de las fisuras debido a retracción, temperatura y a cargas aplicadas, las cuales se arman con varillas de acero o alambre. También existen losas reforzadas para evitar el agrietamiento debido a contracción, temperatura y cargas aplicadas las cuales consisten en la colocación de un hormigón especial al cual se le agrega un aditivo “K” que genera que este se expanda, o utilizar elementos pretensados. Y, por último, losas estructurales diseñadas de acuerdo con el ACI 318 que a diferencia de estas losas de contrapiso que utilizan los refuerzos para control de fisuras, el refuerzo es utilizado principalmente para redistribuir las cargas.

2.1.2. Códigos y normas existentes

Se analizaron varias normas de distintos países con el fin de verificar si disponen de un diseño de losas de contrapiso con refuerzo para control de fisuras. Tanto en el Código de Edificación de Vivienda de México (2017), como en la norma chilena Nch 430 y en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015) solamente se especifican diseño de losas estructurales en una y dos direcciones basadas en el código ACI 318, es decir, losas con refuerzo que tiene como principal objetivo distribuir las cargas mas no controlar las fisuras. Por otra parte, en la norma E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones de Hormigón Armado de Perú, se detalla cómo colocar refuerzo por contracción y temperatura en losas estructurales, pero no se describe una guía de diseño, por lo cual se asume que existe un único diseño cuando en realidad, este depende de diversos factores. En el Reglamento Colombiano de la Construcción

NSR-10, se establece una definición de una losa de contrapiso y como ejecutarla, pero de igual manera, asumiendo un único diseño.

2.2. Método de diseño según norma ACI 360R para losas de contrapiso con refuerzo para control de fisuras

Como se mencionó anteriormente, no existe un único diseño para losas de contrapiso con refuerzo para el control de fisuras, este depende de varios factores como lo son: el tipo de suelo, cargas a las que va a ser expuesta, diseño de juntas, entre otras. A continuación, se presenta las consideraciones más importantes a tomar en cuenta para el diseño de este tipo de losas.

2.2.1. Sistemas de soporte de suelo para losas de contrapiso

En toda obra civil, primeramente, se debe realizar un estudio geotécnico con el fin de proporcionar la información necesaria para un correcto diseño. Dentro de estos informes se debe establecer la clasificación de la subrasante, su módulo de reacción el cual representa una respuesta lineal entre la carga y la deformación del suelo, así como el contenido de humedad del mismo. Además, el reporte debe incluir recomendaciones de preparación del sitio y materiales a utilizarse para la base y subbase en el caso de ser requeridas. Para esto, es importante entregar al ingeniero geotécnico especificaciones del tipo de losa que será construida, las cargas a las que va a estar expuesta y sus dimensiones.

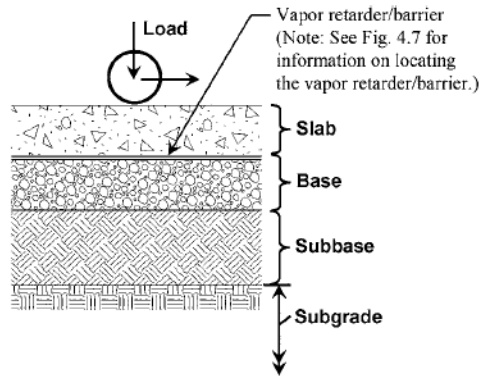


Figura No. 1 Sistema de soporte de suelo para una losa (ACI 360, 2016)

2.2.2. Cargas

Las losas de contrapiso durante su vida útil se encuentran generalmente expuestas a distintos tipos de cargas las cuales pueden ser variables en el tiempo y causan distintos problemas como asentamientos, fisuras, desniveles, entre otros (ACI 360, 2016). Dentro de estas cargas se encuentran las vehiculares especialmente de montacargas, concentradas como lo son las estanterías o racks, distribuidas, lineales y de construcción debido a los distintos camiones que se presentan durante el proceso de construcción. Es de suma importancia realizar un análisis para el caso más crítico de éstas junto a un factor de seguridad el cual nos dé la certeza de que el diseño es conservador.

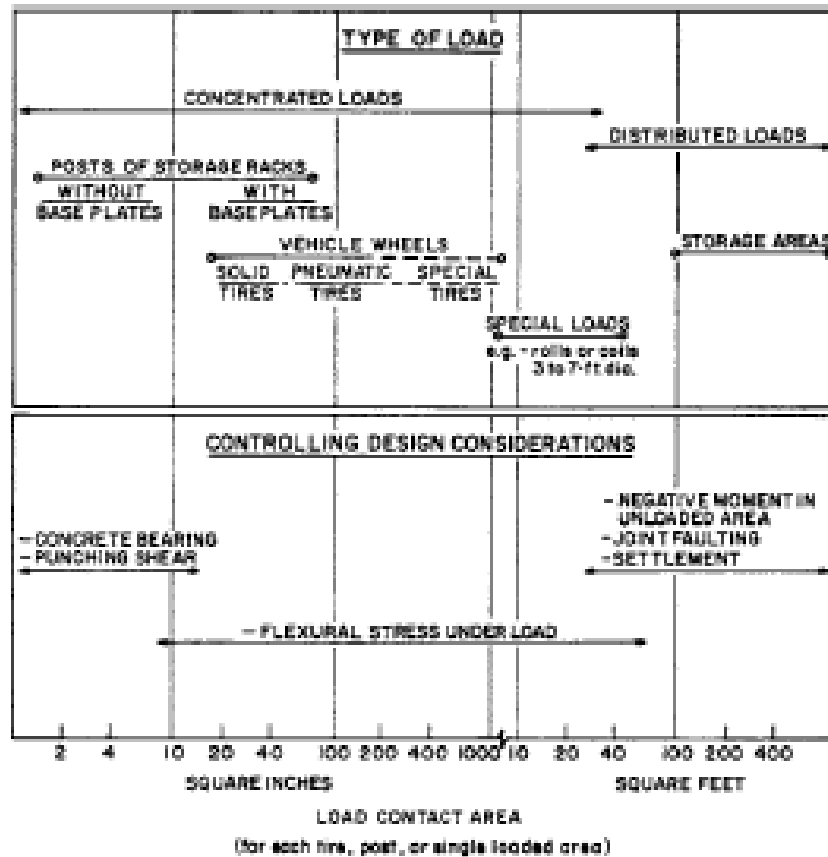


Figura No. 2 Control de las consideraciones de diseño para varios diseños de losa sobre suelo (ACI 360, 2016)

2.2.3. Juntas

Este tipo de losas requieren juntas las cuales tienen como principal función limitar la frecuencia y el ancho de fisuras causadas por el cambio de volumen que sufre el hormigón (ACI 360, 2016). Los 3 tipos de juntas más utilizados en losas son: Juntas de aislamiento, de contracción y de construcción. La guía del apéndice A indica las diferencias entre juntas, y la correcta colocación de estas, así como recomendaciones de llenado, y del sellante de las mismas.

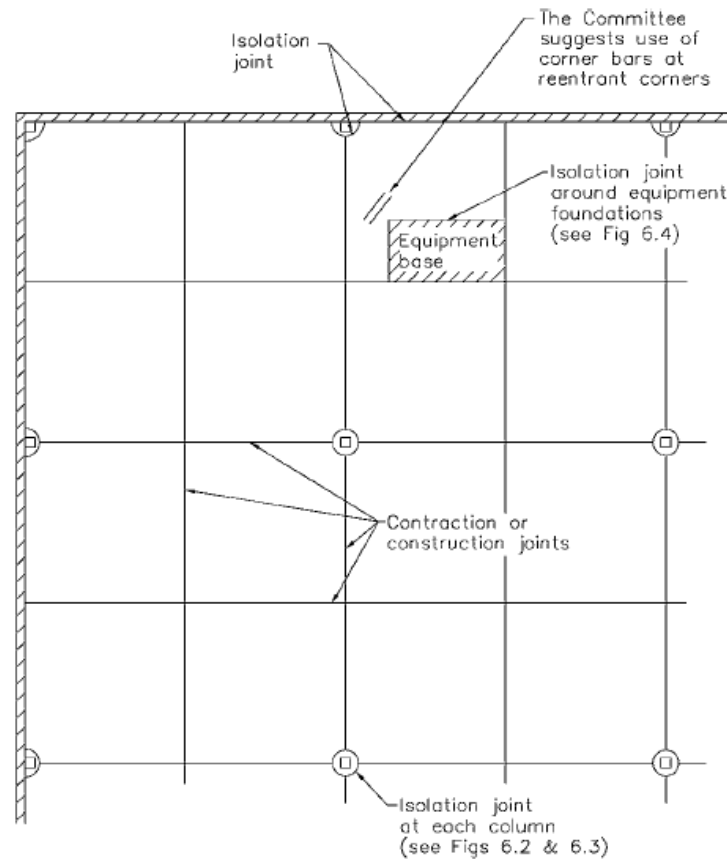


Figura No. 3 Ubicación de juntas (ACI 360, 2016)

2.2.4. Losas de contrapiso sin refuerzo

Las losas de contrapiso construidas sin acero de refuerzo contienen sus ventajas y desventajas. La norma ACI 318 establece que los contrapisos no son considerados elementos estructurales a menos que se utilicen para transmitir cargas verticales y horizontales de otros elementos de la estructura de la obra. Por lo tanto, el agrietamiento e inestabilidad de las juntas son considerados problemas superficiales y no son relevantes para la integridad de la estructura.

Tomando en cuenta esto, la principal ventaja de este tipo de losa es su fácil construcción y generalmente es más económica que los otros tipos de losas. Por otra parte, las desventajas son que requieren juntas de contracción con corte de sierra

relativamente cerca una de otra, existe una mayor posibilidad de que la losa tenga una curvatura y se deterioren rápido las juntas (ACI 360, 2016). También se debe aumentar el número de juntas, en donde en muchos casos es necesario una transferencia de carga positiva en las juntas, y, por último, es muy común que existan asentamientos.

2.2.5. Losas de contrapiso con refuerzo para control de fisuras

Este tipo de losas se diseñan con refuerzo para que no se fisuren cuando estas están bajo cargas. El refuerzo puede ser de barras de acero, láminas de refuerzo de alambre soldado, fibras de acero o fibras macrosintéticas (ACI 360, 2016). Para este caso el refuerzo requerido para la resistencia a la flexión debe ser dimensionado bajo las especificaciones del ACI 318 para elementos de hormigón armado. Es importante recalcar que el refuerzo no evitará las fisuras, aumentará su frecuencia, pero reducirá el ancho de las mismas. El refuerzo correctamente colocado y proporcionado, limita el ancho de las fisuras para que éstas no afecten a la integridad y capacidad de servicio de la losa.

2.3. Revisión norma ACI 302.1R-15 “Guide to concrete floor and slab construction”

La norma ACI 302.1R-15 brinda información relevante e importante para la construcción de losas de contrapiso. La correcta preparación del sitio, el tipo de hormigón, cómo colocar las juntas y el refuerzo, determinan el correcto funcionamiento de las losas ya sean para edificios industriales, comerciales o estructuras convencionales.

2.3.1. Preparación de la subrasante

El desempeño de una losa de contrapiso depende de la integridad del sistema de soporte de suelo, debido a esto, es de gran importancia la correcta preparación del suelo sobre la cual va a estar apoyada (ACI 302, 2015). Se recomienda realizar la prueba “Proof – Rolling test” para determinar la capacidad portante del suelo ya que

estos resultados son muchas veces más indicativos y significativos que los resultados de pruebas in situ como la de contenido de humedad o densidad.

Generalmente, se recomienda utilizar una capa fina de material granulado y compactable para nivelar y controlar mejor el espesor del hormigón y así minimizar la fricción entre la losa y la base. El sistema de soporte de suelo debe estar bien drenado, compactado y el contenido de humedad tanto de la subrasante como la base y la subbase (si son requeridas) deben cumplir con las especificaciones del informe geotécnico. Se deben realizar pruebas de contenido de humedad un día antes de la fundición de la losa ya que un exceso de humedad puede generar curvatura en la misma. Se recomienda llevar un registro del contenido de humedad para analizar problemas de curvatura que se puedan presentar durante su servicio.



Figura No. 4 “Proof- Rolling Test” (ACI 302, 2015)

2.3.1.1 Tipos de pisos

La Fig. 5 clasifica los tipos de pisos en función de su uso, analiza consideraciones especiales y sugiere técnicas de acabado para cada clase.

CLASE	TIPO DE TRÁNSITO PREVISTO	USO	CONSIDERACIONES ESPECIALES	ACABADO FINAL
1.- Una Capa.	Superficie expuesta. Tránsito peatonal.	Oficinas, iglesias, comerciales, institucionales, residenciales.	Acabado uniforme, agregado antideslizante en áreas específicas, curado.	Acabado normal con llana de acero, terminación antideslizante cuando sea necesario.
		Decorativo.	Agregado mineral de color, pigmentación de color, o agregado expuesta, estampada o patrones de incrustaciones, disposición de junta artística, curado.	Cuando sea necesario.
2.- Una Capa.	Superficie cubierta. Tránsito peatonal.	Oficinas, iglesias, comerciales, residenciales, institucionales con revestimientos de pisos.	Losas planas y a nivel adecuado para la aplicación de revestimientos, curado. Coordinar las juntas con los revestimientos aplicados.	Acabado ligero con llana de acero
3.- Dos Capas.	Superficie expuesta o cubierta. Tránsito peatonal o vehicular liviano.	Recubrimiento adherido o no adherido sobre la losa edificios comerciales o no industriales.	Losa Base - tolerancia superficial uniforme, curado. Recubrimiento no adherido - espesor mínimo 75 mm, reforzado, curado. Recubrimiento adherido - agregados apropiadamente dimensionados, espesor mínimo 19 mm, curado.	Losa Base - Acabado con llana bajo cubierta no adherida; limpia superficie texturada bajo cubierta adherida. Cubierta - para superficie expuesta, acabado con llana de acero normal. Para superficie cubierta, acabado ligero con llana de acero
4.- Una Capa.	Superficie expuesta o cubierta. Tránsito peatonal o vehicular liviano.	Institucional o comercial	Losas plana y nivelada adecuadamente para la colocación de revestimientos, agregado antideslizante para áreas específicas, curado. Coordinar las juntas con los revestimientos aplicados.	Acabado normal con helicóptero
5.- Una Capa.	Superficie expuesta - tránsito vehicular industrial, es decir, ruedas neumáticas y ruedas sólidas moderadamente blandas.	Plantas industriales para la fabricación, procesamiento y almacenamiento.	Subrasante uniforme, distribución de juntas, resistencia a la abrasión, el curado.	Acabado con helicóptero pesado.
6.- Una Capa.	Superficie expuesta. Tránsito vehicular industrial pesado e intenso, es decir, ruedas rígidas y cargas elevadas de ruedas.	Pisos industriales sometidos a tránsito pesado; puede estar sometido a cargas de impacto.	Subrasante uniforme, distribución de juntas, transferencia de carga, resistencia a la abrasión, curado.	Endurecedor superficial metálico o mineral, acabado superficial con helicóptero pesado.
7.- Dos Capas.	Superficie expuesta - tránsito vehicular industrial pesado e intenso, es decir, ruedas rígidas y cargas elevadas de ruedas.	Pisos en dos capas adheridas sometidas a tránsito pesado y cargas de impacto.	Losa Base - subrasante uniforme, reforzada, distribución de juntas, nivel superficial, curado. Recubrimiento agregado mineral o metálico bien graduado, espesor mínimo 19 mm. Aplicación de endurecedor superficial de árido mineral o metálico, curado.	Limpio, superficie de losa de base texturizada adecuada para la colocación del recubrimiento adherido. Acabado con helicóptero pesado.
8.- Dos Capas.	Al igual que en las clases 4, 5 o 6.	Recubrimiento no adherido en pisos nuevos o existentes.	Antiadherente en la losa base, espesor mínimo de 100 mm, resistencia a la abrasión, curado.	Al igual que en las clases 4, 5 o 6.
9.- Una capa o recubrimiento.	Superficie expuesta - pisos superplanos requerimientos de tolerancia superficial críticos. Vehículos especiales para el transporte de elementos o materiales o tolerancias específicas que requieren los equipos de robótica.	Pisos estrechos, almacenes de gran altura; estudios de televisión, pistas de patinaje de hielo, o gimnasios.	Diversos requerimientos de calidad del hormigón. Procedimientos de aplicación esocuales y se recomienda un control exhaustivo a los detalles cuando se utilizan endurecedores. FF 50 a FF 125. Curado.	Hormigonado en franjas de 6 m de ancho máximo.

Figura No. 5 Tipos de suelos y consideraciones (Ricardo Salsilli Mulúa)

2.3.2. Colocación del hormigón

Tanto el diseño como la colocación y curado del hormigón son esenciales para un buen servicio de la losa. El concreto debe ser trabajable en el momento de su fundición además debe tener uniformidad al momento del fraguado, capacidad para un buen acabado y económico. Por otra parte, se debe preguntar al contratista del concreto, cual es

la resistencia que va a alcanzar antes de colocar las primeras cargas a la losa. Ver la Fig.6 para ver resistencias recomendadas dependiendo el tipo de suelo, así como también se muestran los asentamientos adecuados para una buena trabajabilidad y prevenir la segregación (ACI 302, 2015).

Table 8.4.1a—Recommended strength and maximum slump at point of placement for concrete floors

Floor class*	Specified compressive strength, f'_c on 28-day tests, psi (MPa)	Maximum slump at placement [†] , in. (mm)
1, 2, and 3	3000 (21)	5 (125)
4, 5, and 6	3500 (24)	5 (125)
7 base	3500 (24)	5 (125)
7 bonded topping [‡]	5000 (35)	3 (75)
8 unbonded topping [§]	4000 (28)	3 (75)
9 superflat	4000 (28)	5 (125)

Figura No. 6 Resistencias y asentamientos del hormigón recomendados para los distintos tipos de suelos (ACI 302, 2015)

La colocación del hormigón en bloques grandes es la forma más eficiente de fundir en grandes áreas, existen equipos guiados con láser utilizados actualmente para esta configuración (ACI 302, 2015). La fundición en bandas es una alternativa aceptable si no se dispone de la máquina de laser o el acceso es limitado. Colocar el concreto en bandas largas y alternadas es la mejor opción si la subrasante es de mala calidad o hay múltiples capas de refuerzo. No se recomienda una secuencia de colocación en forma de tablero de ajedrez.

2.3.3. Colocación del refuerzo

El acero de refuerzo debe ser colocado de forma segura en la posición especificada del diseñador para que el elemento trabaje correctamente y no disminuya la eficacia del mismo (ACI 302, 2015). Las barras deben cumplir los requisitos de la norma ASTM

A615/A615M o A996/A996M. Para más detalles sobre su colocación, dirigirse a la sección 4.2 del Apéndice A.

2.3.4. Construcción de juntas

Cada uno de los tipos de juntas utilizadas en las losas de contrapiso tienen diferentes objetivos y por ende su construcción y colocación también varían. Las juntas de aislamiento se deben colocar en donde se requiera libertad de movimiento tanto horizontal como vertical del piso con los otros elementos estructurales (ACI 302, 2015). Por otra parte, las juntas de construcción se colocan en una losa para definir la extensión de las distintas fundiciones del hormigón, generalmente de acuerdo con una disposición de juntas predeterminada. Las juntas de contracción suelen formarse aserrando una ranura continua en la losa para generar un plano débil bajo el cual se formará una grieta. Dirigirse al Apéndice A, sección 3 para detalle de juntas para losas de contrapiso.

2.3.5. Curados y otros

2.3.5.1 Curado

El curado del hormigón pretende mantener las condiciones satisfactorias de humedad y temperatura durante la fase inicial, intermedia y final de la colocación y acabado del concreto (ACI 302, 2015). La duración del curado varía en función del método, la temperatura ambiente, la humedad relativa y el tipo de cemento. Generalmente, a temperaturas mayores a 5°C, el curado debe ser de 7 días. Si se utiliza un hormigón de alta resistencia inicial y la temperatura sea mayor a 23°C, el curado se reduce a 3 días. Existen algunos métodos de curado los más comunes son:

- Curado con agua: Este tipo de curado se debe hacerlo en zonas donde no existen juntas o cuando el agua está confinada por diques en los bordes para así evitar la inundación de la base, subbase o subrasante (ACI 302, 2015). La saturación del suelo

aumenta la posibilidad de que la losa tenga una curvatura o se deforme. El agua debe estar a menos de 7°C de la temperatura del hormigón para que no exista un choque térmico. Se debe mantener la humectación continua para evitar que la superficie de la losa se seque. Referirse al ACI 308R para más recomendaciones de curado.

- Cubierta mojada/ revestimiento húmedo: Proporcionan un suministro continuo de humedad. Los revestimientos húmedos deben ser colocados tan pronto como se haya completado el acabado y se pueda evitar el deterioro de la superficie (ACI 302, 2015).

Las cubiertas más comunes son:

- a) Plástico film de polietileno: son muy comunes por su fácil manejo, aunque si la losa va a ser visible se deben evitar ya que pueden dejar manchas.
- b) Papel impermeable: Tiene la mismas ventajas y desventajas que el plástico de polietileno, excepto que este no es resbaloso. Debe ser de color claro y los bordes deben solaparse sellarse y puestos en el sitio al momento del curado.
- c) Membrana líquida: Este es el método más utilizado para curar hormigón ya que el costo es relativamente bajo y no se debe supervisar el curado.

2.3.5.2 Relleno y sellado de las juntas

Es recomendable aplazar el relleno y sellado de las juntas el mayor tiempo posible para minimizar los efectos de dilatación de las juntas relacionadas con la contracción en el relleno o en el sellador especialmente cuando se utilizan rellenos semirrígidos. Si la junta se rellena antes de que se haya producido la mayor parte de la contracción, se suele formar una separación entre el borde de la junta y el relleno de la mismo o inclusive dentro del propio relleno (ACI 302, 2015). Estas aberturas pueden ser rellenas con un material de baja viscosidad.

En el caso de utilizar selladores elastoméricos, estos deben colocarse sobre una varilla de soporte, y estos no deben ser utilizados en juntas expuestas a tráfico de ruedas sólidas. Los

rellenos semi rígidos de epoxi deben ser instalados en toda la profundidad de las juntas de contracción cortadas con sierra. Las juntas deben estar limpias de cualquier residuo para el contacto óptimo entre el relleno o el sellador y el hormigón (ACI 302, 2015).

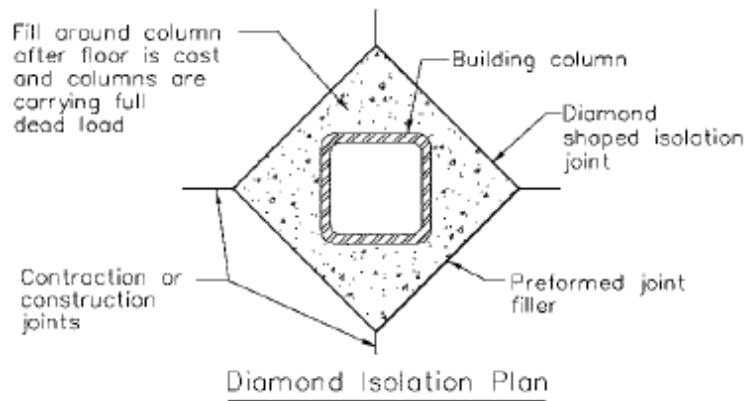


Figura No. 7 Colocación junta de aislamiento (ACI 360, 2016)

2.3.6. Control de calidad

Todos los detalles del programa de control de calidad deben ser incluidos en los documentos del contrato y deben ser discutidos en las reuniones previas a la construcción para garantizar el éxito del proyecto. Los ítem más importantes a ser tomados en cuenta son:

- a) Control de asentamiento y pruebas: Se recomienda que un técnico de campo de hormigón certificado por el ACI esté presente durante la fundición para realizar el ensayo de asentamiento y otros requeridos (ACI 302, 2015).
- b) Evitar los retrasos: Debe evitarse todo lo que genere una pérdida de asentamiento, como, por ejemplo, retrasos en la entrega del concreto, en la fundición o en el acabado, ya que la mezcla puede variar y se deben realizar algunos ajustes (ACI 302, 2015).
- c) Encofrados, refuerzos, pasadores y juntas: Estos deben permanecer seguros y firmes durante toda la fundición y acabado de la losa. Es importante que el refuerzo sea

discontinuo en las juntas ya que esto podría generar fisuras aleatorias fuera de las juntas (ACI 302, 2015). Además, la armadura debe permitir que el corte de sierra sea el adecuado y permita la dilatación de las juntas. Para juntas en las que se requiera transmisión de cargas se debe utilizar pasadores lisos.

- d) Acabado: Este proceso debe ser discutido con supervisores de acabado o empresas de acabado certificadas por el ACI (ACI 302, 2015).
- e) Reuniones in situ: Las reuniones in situ después de la fundición inicial son recomendables para revisar los resultados reales y discutir cualquier ajuste que sea necesario (ACI 302, 2015).



Figura No. 8 Fisura común por contracción del hormigón (ACI 302, 2015)

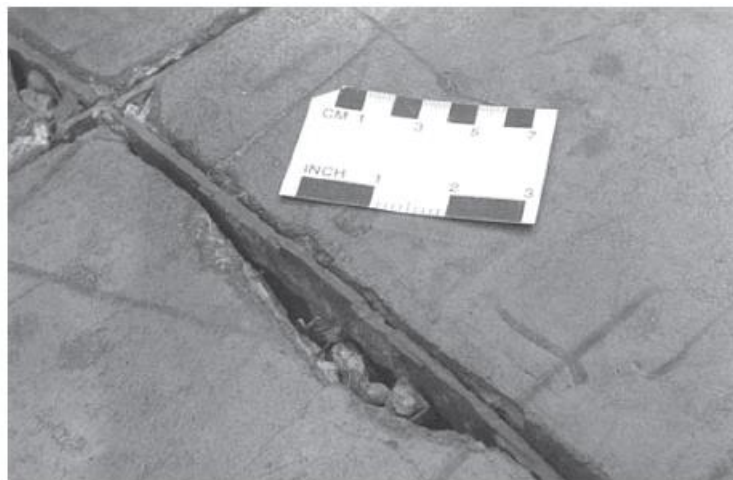


Figura No. 9 Desprendimiento de junta (ACI 302, 2015)

2.4 Borrador de capítulo NEC para diseño de losas de contrapiso con refuerzo para control de fisuras

En el Anexo A se presenta un borrador de capítulo para la Norma Ecuatoriana de la Construcción para el diseño de losas de contrapiso con refuerzo para control de fisuras basado en el código ACI 360R.

2.5 Ejemplo de diseño

En el Anexo B se detalla un ejemplo de diseño para una losa de contrapiso con refuerzo para el control de fisuras.

2.6 Artículo tipo revista

Revisar el Anexo C donde se presenta un artículo tipo revista para el diseño de losas de contrapiso con refuerzo para el control de fisuras.

3 CONCLUSIONES

3.1 Conclusiones

En el Ecuador, muchos de los ingenieros y constructores en general no realizan un diseño de losas de contrapiso con refuerzo para el control de fisuras debido a que la Norma Ecuatoriana de la Construcción no establece especificaciones para este tipo de losas en ninguno de sus capítulos. No solo es un inconveniente específico de este país, como se pudo ver en las investigaciones, países de Latinoamérica como Colombia, Chile, Perú y México tampoco establecen en sus normas oficiales de hormigón armado un diseño para este tipo de losas. Esto ocurre debido a que estos elementos no son considerados estructurales por lo cual su diseño es únicamente estético y de serviciabilidad en obras como galpones industriales, bodegas de almacenamiento, entre otros.

Ahora los ingenieros civiles y constructores en general del Ecuador, tienen una guía de diseño de losas de contrapiso con refuerzo y sin refuerzo para el control de fisuras con el fin de que esta sea utilizada para evitar problemas tanto de estética como de serviciabilidad que presentan comúnmente estos elementos en las distintas obras civiles que son utilizados. Además, se realizó un artículo técnico tipo revista para la revista Ecuatoriana “Mundo Constructor”, donde se muestra un ejemplo para el piso de un galpón de 9 x 10m con el fin de mostrar un diseño práctico y útil de un contrapiso.

3.2 Recomendaciones

Es importante utilizar una guía de diseño de losas de contrapiso con refuerzo para el control de fisuras en las obras civiles que las requieran ya que al construirlas en base a la experiencia es muy común que se presenten fisuras que pueden afectar la serviciabilidad de la losa. Por lo tanto, se recomienda incorporar la guía del Anexo A en un capítulo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción ya que esta está adaptada al formato de la misma.

Es de suma importancia que la losa de contrapiso no esté conectada con otros elementos estructurales como las columnas ya que estas no están diseñadas para la distribución de esfuerzos, el acero de refuerzo es colocado únicamente para el control de fisuras. Cabe recalcar que el refuerzo correctamente colocado y proporcionado no evitará las fisuras, este aumentará la frecuencia de las mismas, pero reducirá el ancho de estas. Al reducir su ancho, estas no afectan la capacidad de servicio de la losa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI 302. (2015). *Guide to Concrete Floor and Slab Construction*.
- ACI 360. (2016). *Guide to Design of Slabs-on-Ground*. *ACI Committe 360*, 7.
- Áreatecnología. (s.f.). *Áreatecnología*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/materiales/resiliencia-materiales.html#:~:text=El%20m%C3%B3dulo%20de%20Resiliencia%20es,c%C3%BAbicos%20en%20el%20Sistema%20Internacional>.
- ASTM D-2216. (s.f.). *Método de ensayo para determinar el contenido de humedad en el suelo*.
- CONSTRUMÁTICA. (s.f.). *CONSTRUMÁTICA*. Obtenido de https://www.construmatica.com/construpedia/Ensayo_CBR
- Domínguez, J. (2018 de Enero de 2018). *El Mundo*. Obtenido de <https://www.elmundo.es/economia/2018/01/16/5a5de0e4e5fdeaad3c8b45e5.html>
- EstudiosGeotécnicos. (6 de Enero de 2013). *EstudiosGeotécnicos*. Obtenido de <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/descriptores-geotecnicos-5-plasticidad-limites-de-atterberg-y-consistencia/>
- GrupoCIPSA. (s.f.). *GrupoCIPSA*. Obtenido de <https://www.cipsa.com.mx/26/noticias/diferencias-entre-suelos-cohesivos-y-granulares/#:~:text=Los%20suelos%20granulares%20est%C3%A1n%20formados,la%20arena%20o%20la%20grava.&text=Suelos%20no%20cohesivos%3A%20Las%20part%C3%ADculas,arenas%2C%20gravas%20y%20l>
- Ingecivil. (9 de Agosto de 2018). *Ingecivil*. Obtenido de <https://www.ingecivil.net/2018/08/09/informacion-sobre-los-suelos-cohesivos/>
- Ponce Campuzano, J. C. (s.f.). Obtenido de GeoGebra: <https://www.geogebra.org/m/v6MetgS7>
- Portland Cement Association. (1984). *Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavement*. *Engineering Bulletin*, 47.
- Puertas Automáticas. (19 de Noviembre de 2019). *Matic-Port*. Obtenido de <https://www.puertasautomaticasmatic-port.com/que-es-un-muelle-de-carga/>
- Ricardo Salsilli Mulúa. (s.f.). *Manual de Diseño de Pisos Industriales*. Santiago de Chile.

Studylib. (s.f.). *Studylib*. Obtenido de <https://studylib.es/doc/8863139/tabla-clasificacion-sucs>
Tirolessa. (2 de Agosto de 2018). *Tirolessa*. Obtenido de
<https://tirolessa.com.mx/2018/08/02/que-es-una-pasta-elastomerica/>

ANEXO A: BORRADOR DE CAPÍTULO PARA LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN PARA EL DISEÑO DE LOSAS DE CONTRAPISO CON REFUERZO PARA CONTROL DE FISURAS.

CONTENIDO

Índice de figuras	34
Índice de tablas	35
1. Generalidades	36
2. Introducción	36
3. Definiciones	36
2.Sistemas de soporte del suelo para losas de contrapiso	38
2.1 Informes geotécnicos	38
2.4.1 Estabilización de la subrasante	40
2.4.2 Materiales para la subbase y base	41
2.4.3 Barrera de Vapor	41
3.Cargas.....	42
3.1 Cargas vehiculares	43
3.2 Cargas concentradas.....	44
3.3 Cargas distribuidas.....	44
3.4 Cargas lineares	45
3.5 Cargas de construcción	45
3.6 Factores de seguridad.....	46
4. Juntas	47
4.1 Juntas de aislamiento.....	48
4.2 Juntas de construcción	51
4.3 Juntas de contracción con corte de sierra.....	52
4.4 Mecanismos de transferencia de carga.....	55
5. Diseño de losas de contrapiso con refuerzo para control de fisuras	59
5.1 Espesor de la losa.....	60
5.1.1 Método PCA (Portland Cement Association)	62
5.1.1.1 Cargas de ruedas / vehiculares.....	62
5.1.1.2 Cargas concentradas.....	64
5.1.1.3 Cargas uniformes.....	67
5.1.1.4 Cargas de construcción.....	67

5.1.2 Método WRI (Wire Reinforcement Institute)	83
5.1.2.1 Cargas de ruedas / vehiculares.....	83
5.1.2.2 Cargas concentradas	85
5.1.2.3 Cargas uniformes.....	85
5.1.2.4 Cargas de construcción.....	86
5.1.3 Método COE (Corps of Engineers).....	67
5.2 Refuerzo para el control de fisuras.....	69
6. Referencias.....	69

Índice de figuras

Figura 1: Clasificación del suelo con SUCS	39
Figura 2: Relaciones entre CBR y la clasificación del suelo	40
Figura 3: Diagrama para determinar cuando y donde colocar una barrera de vapor	42
Figura 4: Consideraciones de diseño	43
Figura 5: Área de contacto de neumáticos	46
Figura 6: Ubicaciones recomendadas para los distintos tipos de juntas	48
Figura 7: Junta diamante y circular	49
Figura 8: Junta en columna tipo I	50
Figura 9: Junta en equipo de construcción fundido	50
Figura 10: Junta de construcción con pasador	51
Figura 11: Junta de construcción con pasador	52
Figura 12: Espaciamiento entre juntas	53
Figura 13: Juntas en muelles de carga	54
Figura 14: Junta de contracción con corte de sierra	54
Figura 15: Vista en planta indicando las disposiciones para el movimiento longitudinal en juntas de construcción con pasadores	56
Figura 16: Vista isométrica que indica las disposiciones para el movimiento longitudinal en las juntas de construcción con pasadores	56
Figura 17: Ensamblaje de canastas para pasadores circulares	57
Figura 18: Ensamblaje para distintos pasadores tipo placa	57
Figura 19: Detalle típico de una junta de construcción reforzada (ACI 360, 2016)	58
Figura 20: Gráfico de diseño del PCA para ejes con ruedas simples	63
Figura 21: Relación entre el área de contacto cargada y el área de contacto cargada efectiva	63
Figura 22: Gráfico de diseño del PCA para ejes con ruedas dobles	64
Figura 23: Configuraciones de postes de estanterías y cargas	65
Figura 24: Gráfico de diseño del PCA para cargas de estanterías con $k= 27.8$ MPa/m	65
Figura 25: Gráfico de diseño del PCA para cargas de estanterías con $k= 13.9$ MPa/m	66
Figura 26: Gráfico de diseño del PCA para cargas de estanterías con $k= 55.6$ MPa/m	67
Figura 27: Curvas COE para determinar el espesor del suelo de hormigón según tabla 5 ..	68
Figura 28: Las curvas de diseño del COE para pisos de hormigón con tráfico pesado.	69

Índice de tablas

Tabla 1: Cargas por eje y distancias entre ruedas representativas para varias capacidades de camiones de carga.....	43
Tabla 2: Factores de seguridad para los distintos tipos de carga	46
Tabla 3: Relación de esfuerzos vs la carga admisible	47
de repeticiones (Portland Cement Association, 1984)	47
Tabla 4: Tamaño y espaciamiento de los pasadores para juntas de contracción y construcción.....	58
Tabla 5: Categorías de índice de diseño utilizadas con el método de selección del espesor de la losa COE.....	69

1. Generalidades

2. Introducción

En este capítulo de las Normas Ecuatorianas de Construcción, se presentan los requerimientos y metodologías que deben ser aplicados para el diseño de losas de contrapiso con refuerzo para el control de fisuras.

3. Definiciones

BISECTRIZ

La bisectriz de un ángulo es la semirrecta que pasa por el vértice del ángulo y lo divide en dos partes iguales (Ponce Campuzano, s.f.).

CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)

Ensayo que mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo para evaluar la calidad del terreno para subrasante, subbase y base (CONSTRUMÁTICA, s.f.).

ELASTOMÉRICO

Los polímeros elastoméricos son una especie de goma la cual puede ser termoestable o termoplástica lo que le da propiedades flexibles y de resistencia a los impactos y deformaciones a diferentes temperaturas (Tirolessa, 2018).

FATIGA

Proceso de daño que se produce en los elementos mecánicos cuando se someten a cargas variables (Domínguez, 2018)

LOSA DE CONTRAPISO

Losa cuya principal función es soportar cargas aplicadas apoyándose en el suelo (ACI 360, 2016).

MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE (K)

Respuesta lineal entre la carga y la deformación del suelo (ACI 360, 2016).

MÓDULO DE RESILIENCIA

Energía de deformación por unidad de volumen que se requiere para deformar un material hasta su límite elástico (Areatecnología, s.f.)

MUELLE DE CARGA

Espacio dentro de una edificación donde hay actividad de carga o descarga de diferentes materiales o mercancías (Puertas Automáticas, 2019).

PLASTICIDAD

Propiedad de los suelos finos para modificar su consistencia en función de la humedad (EstudiosGeotécnicos, 2013).

SUELOS COHESIVOS

Suelos con partículas pequeñas y bastante arcilla como para que este se adhiera a sí mismo (Ingecivil, 2018).

SUELOS GRANULARES

Suelos formados por partículas gruesas como arena o grava (GrupoCIPSA, s.f.)

SUBRASANTE

Suelo compactado para soportar cargas (ACI 360, 2016).

2.Sistemas de soporte del suelo para losas de contrapiso

Esta sección especifica las consideraciones a tomar en cuenta para el correcto estudio y preparación del suelo sobre el cual va a estar apoyada la losa de contrapiso.

2.1 Informes geotécnicos

Los informes geotécnicos deben brindar información acerca de los estudios del sitio sobre el cual va a estar apoyada la losa de contrapiso, estos deben incluir: registros de sondeo, resultados de pruebas de campo (Prueba de Penetración Estándar) y laboratorio, análisis de las condiciones de la subrasante, textura del suelo, humedad y densidad relativa (ACI 360, 2016). Además, se deben incluir recomendaciones acerca del drenaje y de materiales para la base y subbase en el caso de que sean requeridas. Es importante brindar al geotécnico los detalles y características de rendimiento esperadas de la losa.

2.2 Clasificación de la subrasante

El suelo sobre el cual va a estar apoyada la losa de contrapiso debe ser clasificado para analizar si es idóneo como subrasante. En esta guía se utiliza el “Sistema Unificado de Clasificación de Suelos” **Figura 1**. Además, puede ser de gran utilidad las siguientes normas para la clasificación del suelo:

- Contenido de humedad (ASTM D2216)
- Peso específico (ASTM D854)
- Límite líquido y plástico (ASTM D4318)
- Índice de expansión (ASTM D4829)

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)
INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO	
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ④	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. $Cu = D_{60} / D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW. LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LINEA A" O I.P. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LINEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7. $Cu = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3. No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LINEA A" O I.P. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LINEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		
		* GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo		
		u			
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla		
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4	PARA CLASIFICACIÓN VISUAL: PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4		SW
	SP			Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	
	* SM			Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	
	u				
	SC			Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	
	SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ④			LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML
		CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
OL		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.			
LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50		MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.		
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.		
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.		
		P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.		

** CLASIFICACIÓN DE FRONTERA.- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS. POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.
 ④ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.
 * LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d Y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS ÚNICAMENTE. LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFICIO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL I.P. ES DE 6 O MENOS. EL SUFICIO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

Figura 1: Clasificación del suelo con SUCS (Studylib, s.f.)

2.3 Módulo de reacción de la subrasante

El módulo de reacción de la subrasante (k) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$k \left(\frac{kN}{m^3} \right) = M_R (kPa) \times 2.03$$

El módulo de resiliencia se calcula como:

$$M_R (kPa) = 10\,342 \times CBR$$

El cálculo de k mediante estas fórmulas puede tener valores irreales por lo que se recomienda utilizar la **Figura 2** para comprobar el resultado.

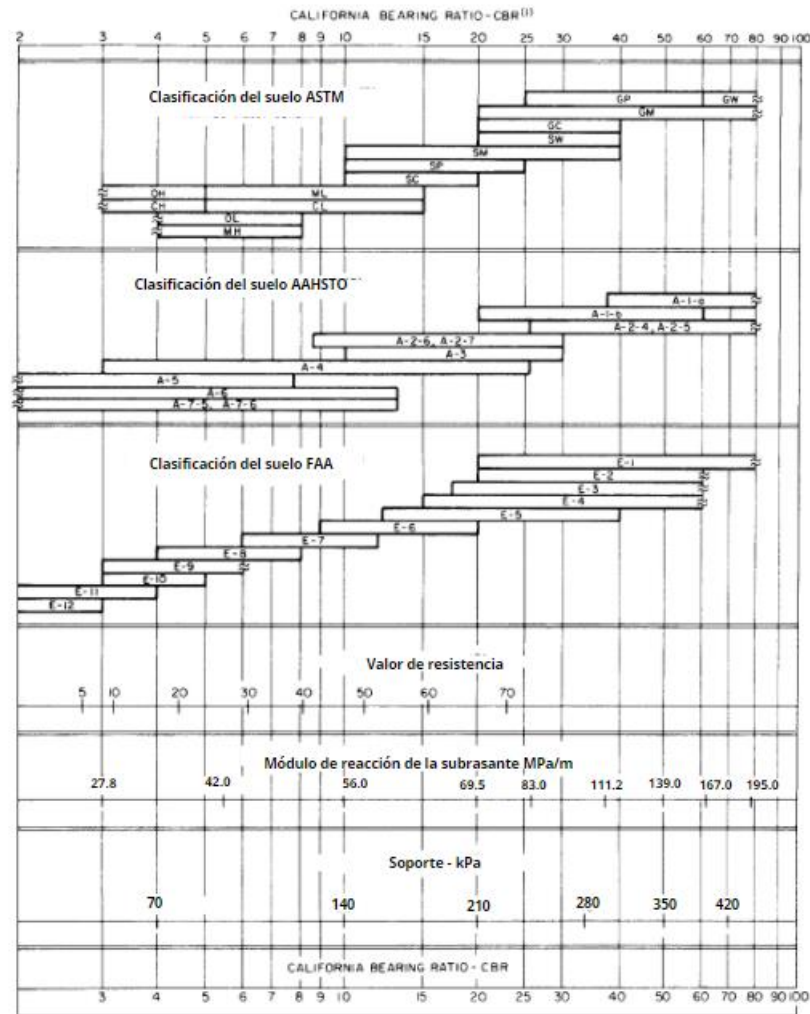


Figura 2: Relaciones entre CBR y la clasificación del suelo (ACI 360, 2016)

Suelos arcillosos como CL y CH dan como resultado una subrasante de baja calidad. Por otra parte, suelos bien graduados y no cohesivos como SW y GW son los óptimos para el soporte de la losa (ACI 360, 2016).

Una vez clasificado el tipo de suelo y k se debe analizar si se va a mejorar el suelo mediante compactación o agregar una subbase y base en caso de ser requerido.

2.4 Preparación del sitio

Se debe retirar toda la materia orgánica y escombros antes de colocar la losa o la subbase. Para determinar sectores blandos y compresibles del suelo es recomendable realizar el Proof Rolling test, el cual es un indicador del exceso de humedad y de zonas que no pueden ser compactadas. Las áreas de baja calidad deben ser reemplazadas con material compactado el cual brindará mayor uniformidad a la subrasante. Es recomendable repetir el Proof Rolling test hasta asegurarse que el sitio es el adecuado.

2.4.1 Estabilización de la subrasante

Los equipos más comunes para la compactación de la subrasante son:

- Pata de cabra
- Compactador de neumáticos
- Apisonadoras
- Químicos

Se recomienda utilizar las apisonadoras para suelos granulares. Para suelos cohesivos es aconsejable la pata de cabra y el compactador de neumáticos. La profundidad de compactación debe estar entre los 150 a 230mm.

2.4.2 Materiales para la subbase y base

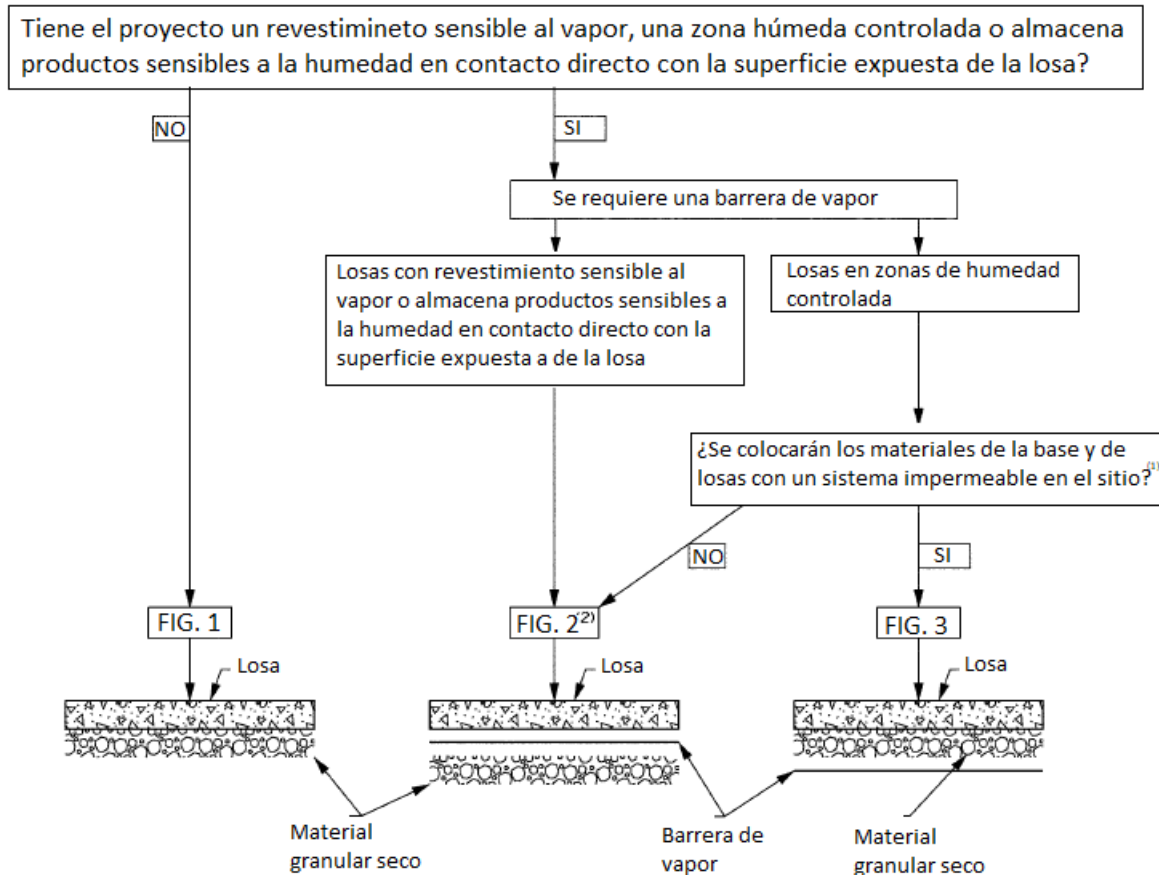
Los materiales mostrados en la **Figura 2** que alcancen un k superior a 27 MPa/m pueden ser utilizados como material para la base y subbase. El material orgánico altamente compresible debe ser evitado, al igual que arcillas de alta plasticidad.

- Subbase: En el caso de utilizar una subbase esta debe ser de mejor calidad que la subrasante. Los materiales que pueden ser utilizados son:
 - Subrasante estabilizado
 - Relleno de suelo de alta calidad
 - Arena
 - Roca triturada
 - Hormigón y pavimento asfáltico reutilizado
 - Material local que cumple con los requerimientos del proyecto
- Base: El material para la base debe ser limpio y granular con un contenido de fino adecuado. A continuación, se detallan los materiales adecuados para la base:
 - Material con 100% de pasante del tamiz 37.5 mm. 15% a 55% de pasante del tamiz No. 4 (4.75 mm) y menos del 12% de pasante del tamiz No. 200.
 - Material que cumpla con la norma ASTM D1241

2.4.3 Barrera de Vapor

Se recomienda colocar barreras de vapor en losas que tienen un ratio máximo de humedad de 12 a $21 \frac{N}{100} m^2 / 24hrs$ o una humedad máxima entre 75% y 80% a una profundidad del 40% del espesor de la losa

La **Figura 3** indica el uso y la ubicación de las barreras de vapor.



1) Si el material granular puede ser sometido a una futura infiltración de humedad. Usar FIG.1

2) Si se utiliza la FIG. 2, es probable que sea necesario reducir la distancia entre las juntas, diseñar una mezcla de baja retracción o tomar otras medidas para minimizar la curvatura de la losa

Figura 3: Diagrama para determinar cuando y donde colocar una barrera de vapor (ACI 360, 2016)

Se ha reportado que las barreras de vapor afectan al comportamiento del hormigón generando fisuras, incrementando la curvatura de la losa y reduciendo su resistencia. Sin embargo, el costo es menor comparado con fallas relacionadas con el exceso de humedad transmitida a través de la losa.

3.Cargas

Esta sección presenta los tipos de cargas más comunes a las que están expuestas las losas de contrapiso, las variables que controlan los efectos de las mismas y sus factores de seguridad. La losa debe ser diseñada para soportar la combinación más crítica de las cargas. La **Figura 4** indica la consideración de diseño para las distintas cargas.

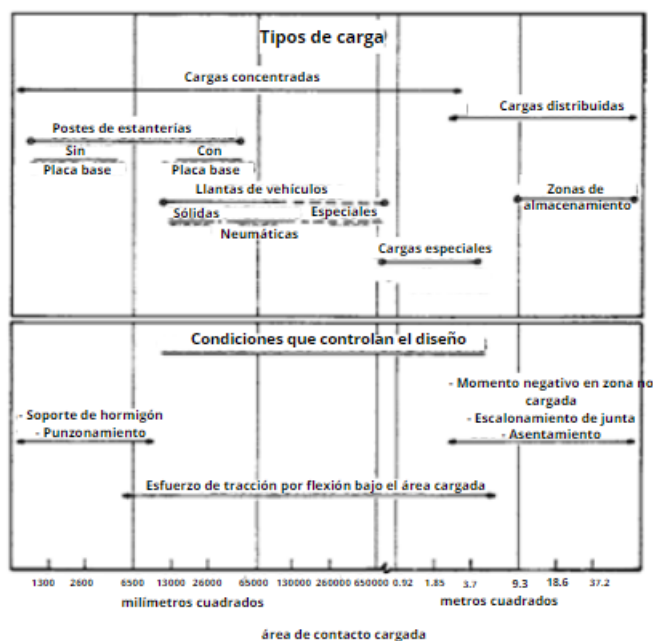


Figura 4: Consideraciones de diseño (ACI 360, 2016)

3.1 Cargas vehiculares

Las variables a tomar en cuenta de las cargas vehiculares que afectan el espesor y el diseño de las losas de contrapiso son:

- Carga máxima por eje
- Distancia entre cargas de ruedas
- Área de contacto de los neumáticos
- Repeticiones de carga durante su vida útil

Cuando los detalles de los vehículos son desconocidos se puede utilizar la **Tabla 1** para el diseño.

Capacidad Nominal del Camión (kN)	Reacción estática de la carga total del eje (kN)	Centro a Centro del neumático de la rueda opuesta (mm)
8.896	24.909 a 32.026	609.6 a 812.8
13.344	34.694 a 41.811	660.4 a 863.6
17.792	43.590 a 51.597	762 a 914.4
22.24	51.597 a 61.382	763 a 914.4
26.688	60.493 a 68.944	764 a 914.4
31.136	68.054 a 80.509	863.6 a 939.8
35.584	74.282 a 90.739	863.6 a 965.2
44.48	89.850 a 105.862	939.9 a 1143
53.376	122.320 a 133.440	965.2 a 1016
66.72	133.440 a 157.014	863.6 a 1092.2
88.96	176.586 a 194.378	914.4 a 1346.2

Tabla 1: Cargas por eje y distancias entre ruedas representativas para varias capacidades de camiones de carga (ACI 360, 2016)

NOTA: Calcule la reacción concentrada por neumático dividiendo la reacción total de la carga del eje por el número de neumáticos en ese eje. Las cifras indicadas son para camiones estándar

El área de contacto de una llanta puede ser aproximada al dividir la carga del neumático para la presión del mismo. Las presiones son variables dependiendo del tipo de neumático, por ejemplo:

- Neumático sin cable de acero = 0.6 a 0.7 MPa
- Neumático con cable de acero = 0.6 a 0.8 MPa
- Neumático de caucho macizo = 1.2 a 1.7 MPa
- Neumático de poliuretano = >6.9 MPa

Para determinar el área efectiva de contacto de los neumáticos duales se puede utilizar el área de contacto de dos llantas individuales y las áreas entre las áreas de contacto.

3.2 Cargas concentradas

Las variables más comunes de cargas concentradas que afectan al diseño de losa son:

- Carga máxima o representativa de los postes de los racks o estanterías.
- Duración de la carga.
- Distancia entre los postes y el ancho del corredor.
- Ubicación de la carga concentrada en relación con la junta de la losa y cantidad de transferencia de esfuerzo de cortante a través de la junta de la losa.
- Área de contacto entre la base del poste y la losa.

En caso de ser necesario, se debe colocar una placa base de mayor tamaño en los postes de las estanterías para disminuir el esfuerzo a flexión que genera la carga concentrada.

NOTA: Las estanterías de almacenamiento de pallets con altura superior a los 24m pueden generar cargas concentradas mayores a 180kN, por lo que, para las estanterías más altas, las que cubran mayor área y estanterías con cargas a largo plazo, se debe tener en cuenta el asentamiento de la losa. Los datos de las estanterías pueden obtenerse del fabricante.

3.3 Cargas distribuidas

El almacenamiento de materiales se coloca directamente sobre la losa por lo que el diseño debe evitar momentos negativos que generen grietas y evitar asentamientos. En el caso de cargas distribuidas, las variables que determinan el diseño son:

- Intensidad máxima de la carga.
- Duración de la carga.
- Ancho y largo del área cargada.
- Ancho del corredor.
- Presencia de juntas paralelas al corredor.

La losa debe ser diseñada para el caso más crítico de cargas debido a que la intensidad de la carga no es constante durante la vida útil de la misma. Existe un ancho de corredor crítico el cual maximiza el momento central del corredor para un k y para el espesor de la losa.

3.4 Cargas lineares

Una carga lineal es una carga uniformemente distribuida en un área relativamente estrecha. Este tipo de carga tiene un ancho menor a $1/3$ del radio de rigidez relativa de la losa. Cuando el ancho se aproxima a este límite, se debe chequear la losa para comprobar los esfuerzos producidos por la carga lineal y la uniforme. Si los resultados tienen más del 15% de diferencia, se debe considerar como carga uniforme.

Las variables de diseño para las cargas lineares son:

- Intensidad máxima de la carga.
- Duración de la carga.
- Ancho y largo del área cargada.
- Ancho del corredor.
- Presencia de juntas paralelas al corredor.
- Presencia de juntas paralelas en cada lado del corredor.
- Cantidad de transferencia de cortante a través de la junta de la losa, el cual es verdaderamente importante cuando la línea de carga cruza perpendicularmente a una junta o es adyacente y paralela a una junta.

3.5 Cargas de construcción

Durante la construcción, muchos equipos y vehículos se ubican sobre la losa de contrapiso. Las cargas más comunes a las que están expuestas son:

- Camiones de carga.
- Elevadores de tijera
- Mixers
- Volquetas
- Equipos de elevación y grúas
- Arriostramientos y apuntalamiento de muros inclinados
- Equipos de ajustes
- Andamios
- Pallets

Se debe limitar colocar las cargas de construcción cerca de los bordes libres o esquinas de la losa. Además, es recomendable anticipar a que cargas va a estar expuesta principalmente en relación a la resistencia a edades tempranas del hormigón.

Para el caso de vehículos de construcción, se debe utilizar la **Figura 5** para el diseño.

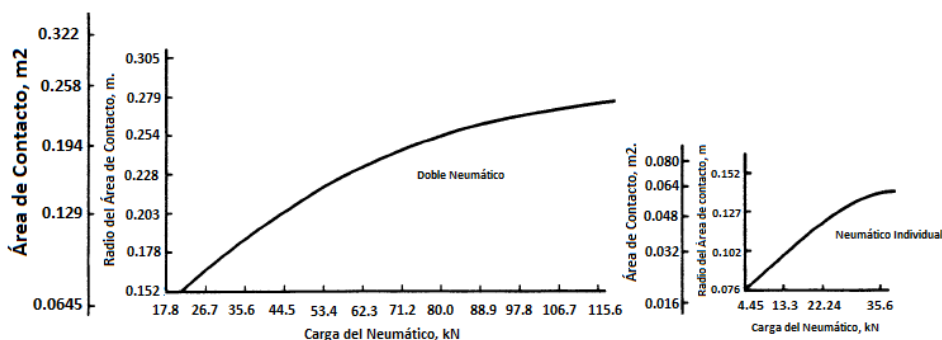


Figura 5: Área de contacto de neumáticos (ACI 360, 2016)

3.6 Factores de seguridad

La **Tabla 2** muestra los factores de seguridad más utilizados para los tipos de cargas mencionados anteriormente.

Tipo de carga	Factores de seguridad comunes	Factores de seguridad usados ocasionalmente
Vehículos en movimiento	1.7 a 2.0	1.4 a 2.0 o mayores
Concentradas (Estanterías y postes)	1.7 a 2.0	Mayor en circunstancias especiales
Uniformes	1.7 a 2.0	1.4 es el límite inferior
Lineales	1.7	2.0 es el límite superior conservador
Construcción	1.4 a 2.0	-

Tabla 2: Factores de seguridad para los distintos tipos de carga (ACI 360, 2016)

Cuando un vehículo está en circulación o movimiento, genera fatiga a la losa. La resistencia a la fatiga es el porcentaje de la resistencia a la tracción estática que soporta un número determinado de repeticiones de carga. Como la relación entre el esfuerzo de flexión real y el módulo de rotura disminuye, la losa puede soportar más repeticiones de carga antes de su fallo. Para relaciones de esfuerzo menores 0.45 el concreto puede ser sometido a un número infinito de repeticiones. Ver la **Tabla 3** donde se muestra varias repeticiones de carga para un rango de ratios de esfuerzo.

Ratio de esfuerzo	Repeticiones de carga permitidas	Ratio de esfuerzo	Repeticiones de carga permitidas
<0.45	Ilimitadas	0.73	832
0.45	62790761	0.74	630
0.46	14335236	0.75	477
0.47	5202474	0.76	361
0.48	2402754	0.77	274
0.49	1286914	0.78	207
0.50	762043	0.79	157

0.51	485184	0.8	119
0.52	326334	0.81	90
0.53	229127	0.82	68
0.54	166533	0.83	52
0.55	124523	0.84	39
0.56	94065	0.85	30
0.57	71229	0.86	22
0.58	53937	0.87	17
0.59	40842	0.88	13
0.60	30927	0.89	10
0.61	23419	0.9	7
0.62	17733	0.91	6
0.63	13428	0.92	4
0.64	10168	0.93	3
0.65	7700	0.94	2
0.66	5830	0.95	2
0.67	4415	0.96	1
0.68	3343	0.97	1
0.69	2532	0.98	1
0.70	1917	0.99	1
0.71	1452	1.00	0
0.72	1099	>1.00	0

Tabla 3: Relación de esfuerzos vs la carga admisible de repeticiones (Portland Cement Association, 1984)

4. Juntas

Las juntas son utilizadas en las losas de contrapiso para limitar la frecuencia y ancho de fisuras que se generan por cambios en el volumen del concreto. El diseñador debe especificar los detalles y disposiciones de las juntas que van a ser colocadas antes de la construcción de la losa. Se debe evitar la conexión de la losa con otro elemento estructural ya que cual tipo de restricción interna o externa generará la aparición de fisuras.

Las juntas más comunes utilizadas son:

- Juntas de aislamiento
- Juntas de contracción con corte de sierra
- Juntas de construcción

Ver la **Figura 6** para determinar las ubicaciones idóneas para las juntas de aislamiento y de contracción.

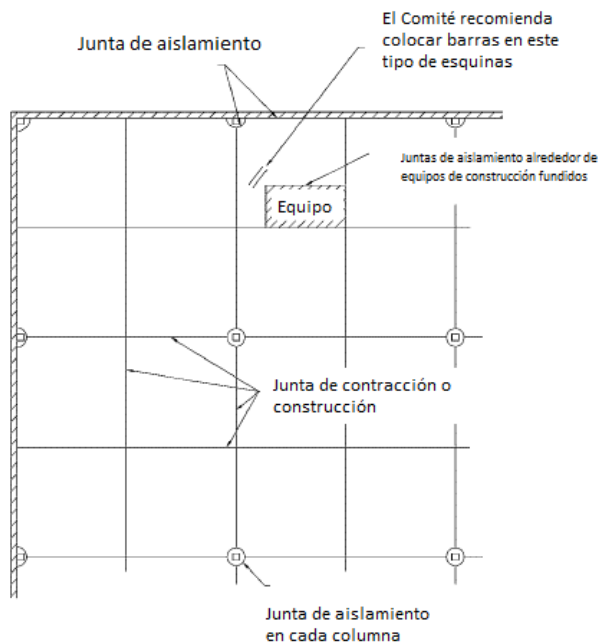


Figura 6: Ubicaciones recomendadas para los distintos tipos de juntas (ACI 360, 2016)

NOTA: Las juntas en las losas de recubrimiento o superiores, deben situarse directamente sobre las juntas de la losa base y, cuando el recubrimiento está adherido, no se requieren juntas adicionales.

4.1 Juntas de aislamiento

Utilizar juntas de aislamiento cuando se requiera de total libertad de desplazamientos horizontales y verticales entre el suelo y los elementos estructurales. Estas deben ser colocadas en las uniones con muros que no requieren restricción lateral de la losa, fundiciones de equipos de construcción, columnas, zapatas u otros lugares como desagües, sumideros y escaleras.

Para establecer una junta de aislamiento, se debe colocar un relleno de junta entre el suelo y el elemento adyacente. Cuando esta requiera que se restrinja la contracción, se coloca una esponja flexible la cual contenga un espesor que la permita que se adapte al movimiento de contracción previsto. El relleno de la junta debe cubrir toda la profundidad de la losa o estar ligeramente por debajo de la parte inferior de la losa para garantizar una separación completa. Si el relleno queda visible o si existen requisitos higiénicos o de humedad, se puede retirar la parte visible y colocar un sellador elástico.

A continuación, se presenta 3 métodos para generar una profundidad de sellado de juntas uniforme:

1. Utilice una sierra para marcar ambos lados del relleno a la profundidad que se desea eliminarlo. Inserte el relleno marcado en el lugar deseado. Después de que el hormigón se haya endurecido, utilice un destornillador o una herramienta similar para retirar la sección superior.

2. Cortar una tira o pedazo de madera de igual profundidad que la deseada para el sellador de la junta. Clave la madera en el relleno preformado e instale el conjunto en la ubicación deseada. Retírelo una vez el hormigón haya endurecido.
3. Utilice un relleno de juntas premoldeado con la parte superior que pueda ser extraíble.

Las **Figura 7** y **Figura 8** muestran juntas típicas de aislamiento alrededor de columnas. La **Figura 9** muestra una junta de aislamiento en una fundición de un equipo de construcción.

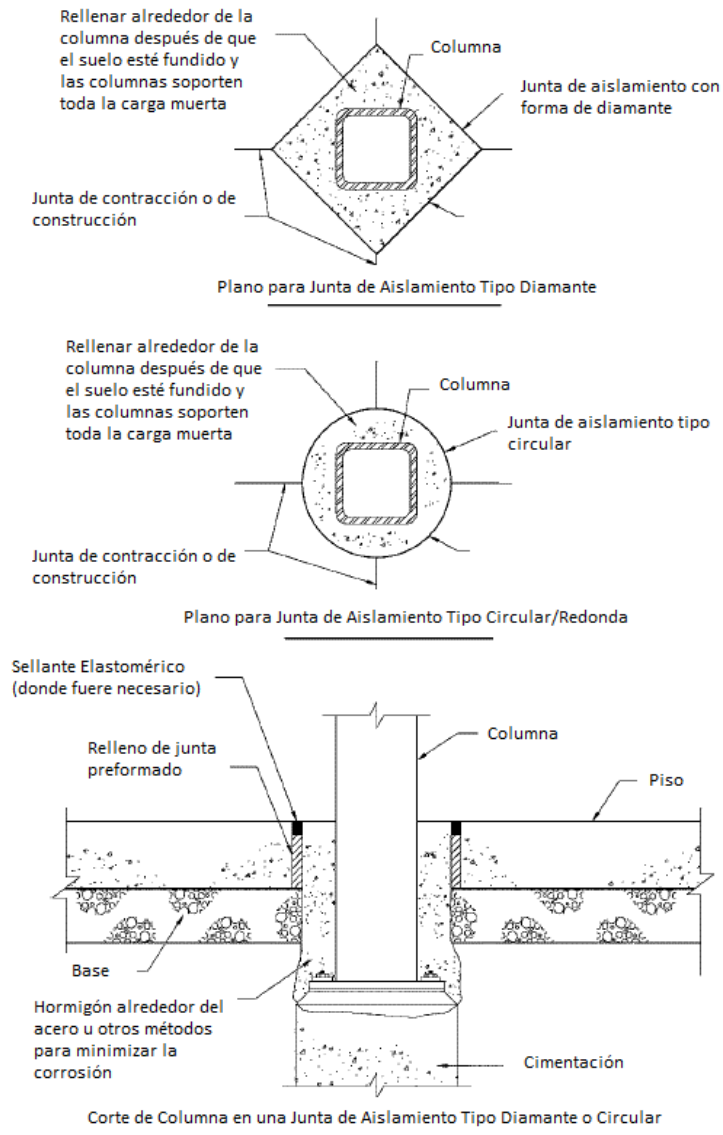


Figura 7: Junta diamante y circular (ACI 360, 2016)

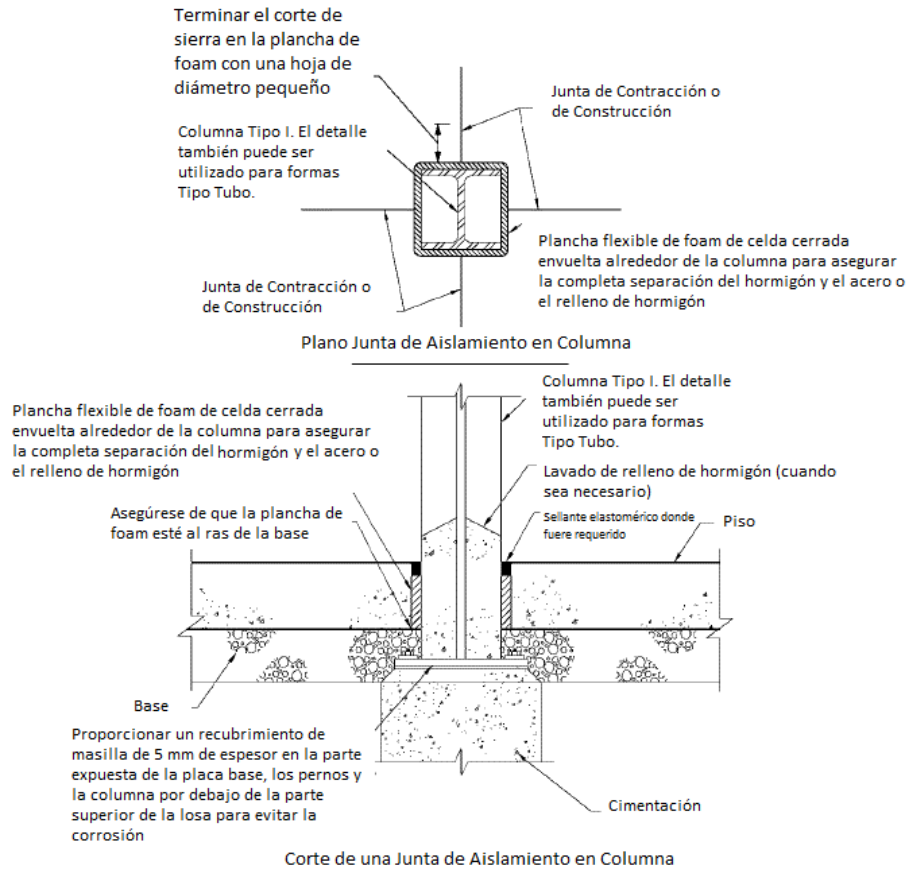


Figura 8: Junta en columna tipo I (ACI 360, 2016)

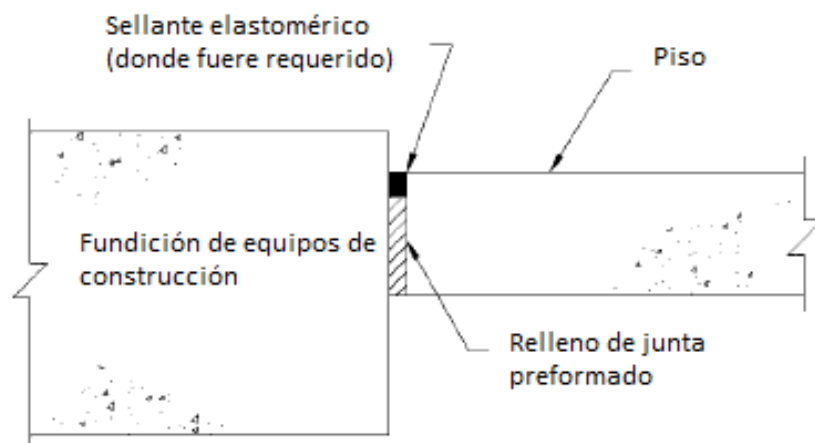


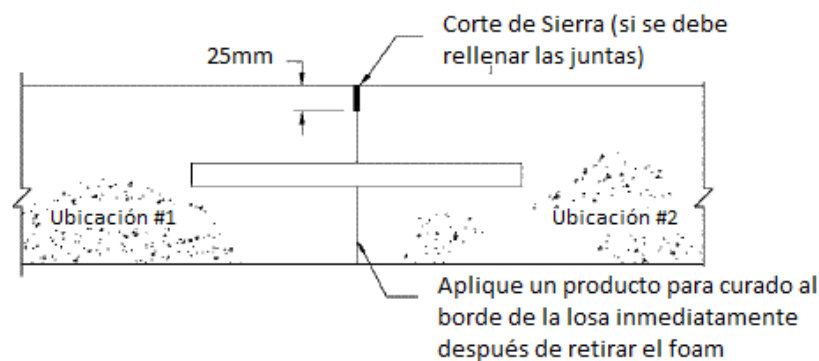
Figura 9: Junta en equipo de construcción fundido (ACI 360, 2016)

4.2 Juntas de construcción

Las juntas de construcción son colocadas en una losa para definir la extensión de las colocaciones individuales generalmente de acuerdo con una disposición de juntas predeterminada. Si la fundición del hormigón es interrumpida un tiempo suficiente para que este se endurezca, se debe colocar juntas de construcción.

Estas juntas, en lo posible, deben colocarse a 1.5m o más de cualquier otra junta que esté paralela a estas. En zonas no sometidas a tráfico vehicular, una junta a tope puede ser de mucha ayuda. En zonas sometidas a tráfico vehicular o con cargas pesadas, es recomendado usar pasadores.

Las juntas de construcción suelen formarse con pasadores. Estos deben ser colocados con el fin de garantizar el espesor y el nivel en el borde de la losa. Los pasadores deben estar bien alineados y fijos para lograr una correcta transferencia de carga positiva. Los dispositivos de transferencia de carga se colocan en la cara de la junta y deben ser paralelos a la superficie superior entre sí y perpendiculares a la cara de la junta. Por último, todas las juntas de construcción deben ser vibradas internamente en intervalos frecuentes para consolidar de manera correcta el hormigón en la junta y alrededor de los dispositivos de transferencia de carga. Ver la **Figura 10** y **Figura11** para diseño de una junta de construcción con un dispositivo de transferencia de carga (pasadores).



Típica Junta de Construcción con Pasador

Figura 10: Junta de construcción con pasador (ACI 360, 2016)

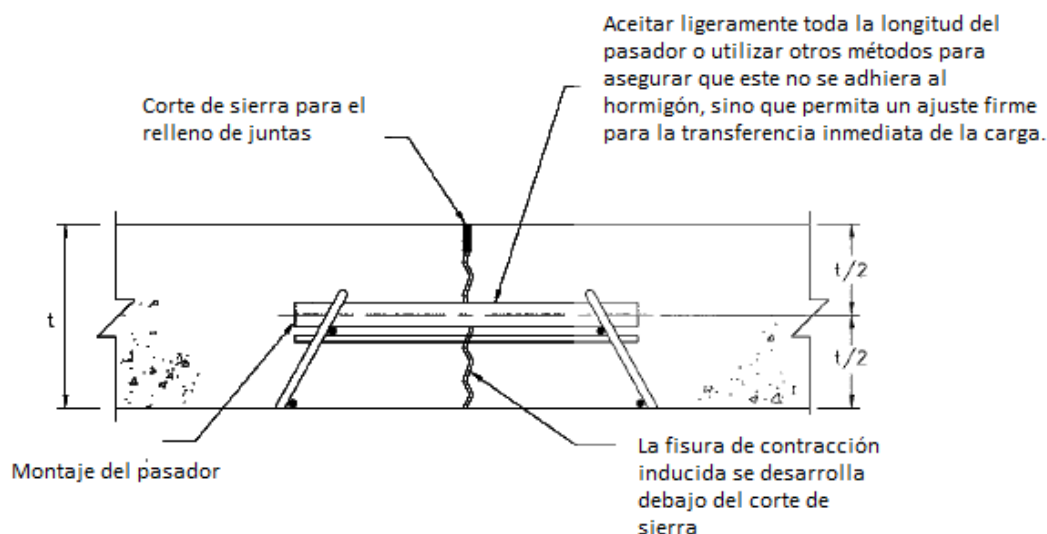


Figura 11: Junta de construcción con pasador (ACI 360, 2016)

4.3 Juntas de contracción con corte de sierra

Las juntas de contracción con corte de sierra son utilizadas para limitar el agrietamiento aleatorio fuera de las juntas. Estas suelen estar colocadas en los ejes de las columnas con juntas intermedias situadas en espacios iguales entre los ejes de las columnas. Ver **Figura 6**.

Tomar en cuenta las siguientes consideraciones al momento de seleccionar el espaciado de las juntas de contracción:

- Método de diseño de la losa.
- Espesor de la losa.
- Tipo, cantidad y ubicación de la armadura de refuerzo.
- Potencial de retracción del hormigón, incluyendo el tipo y cantidad de cemento; tipo de agregado, tamaño y cantidad; relación agua- material cementante, tipos de aditivos y temperatura del concreto
- Fricción de la base
- Restricciones del suelo de la losa
- Disposición de la cimentación, estantes, fosos, zanjas, y discontinuidades similares en el suelo.
- Humedad, viento, temperatura ambiente

NOTA: El establecer el espaciado de las juntas, espesor y refuerzo es responsabilidad del diseñador.

La distancia entre las juntas es esencial y debe ser cuidadosamente establecido ya que este determinará tanto la cantidad como el tipo de agrietamiento que puede ocurrir en la losa. Tanto para losas no reforzadas como para las que contienen refuerzo únicamente para limitar el ancho de fisuras, no debe tener más del 0.5% de acero por área de sección transversal. Utilizar la **Figura 12** para determinar el espaciado de las juntas.

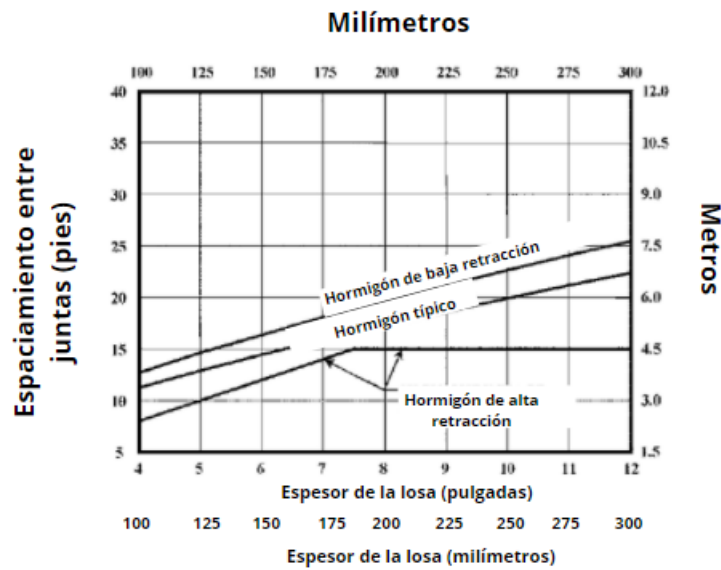


Figura 12: Espaciamiento entre juntas (ACI 360, 2016)

NOTA: Las distancias se basan en valores obtenidos de retracción de probetas que han sido curadas durante 7 días según la norma ASTM C157/C157M.

Estas juntas deben ser continuas a través de juntas de intersección, no deben estar escalonadas ni desplazadas. La relación de aspecto de los paneles de losas no reforzadas, con refuerzo para el control de fisuras o fabricadas con hormigón compensador debe ser máximo de 1.5 a 1, aunque se recomienda una relación de 1 a 1. Los paneles en forma de T y L deben ser evitados. La **Figura 13** muestra dos opciones para disminuir el agrietamientos de la losa en las esquinas de los muelles de carga.

- **Opción 1:** En la opción uno, el muelle de carga está junto a la losa y, por ende, la mayor parte del movimiento de contracción es forzado a la junta de construcción. Para disminuir el ancho de la junta de construcción, se debe colocar la junta a la mitad de la separación típica de las juntas de losa.
- **Opción 2:** En la opción 2, se genera una superficie de deslizamiento en la parte superior del muelle de carga que ayuda a igualar el movimiento de contracción en cada lado del panel de la losa, para que así, se pueda utilizar la separación típica de juntas. Al utilizar una junta como se muestra en la imagen, hay menos probabilidades de que se produzcan grietas en las esquinas del muelle de carga.

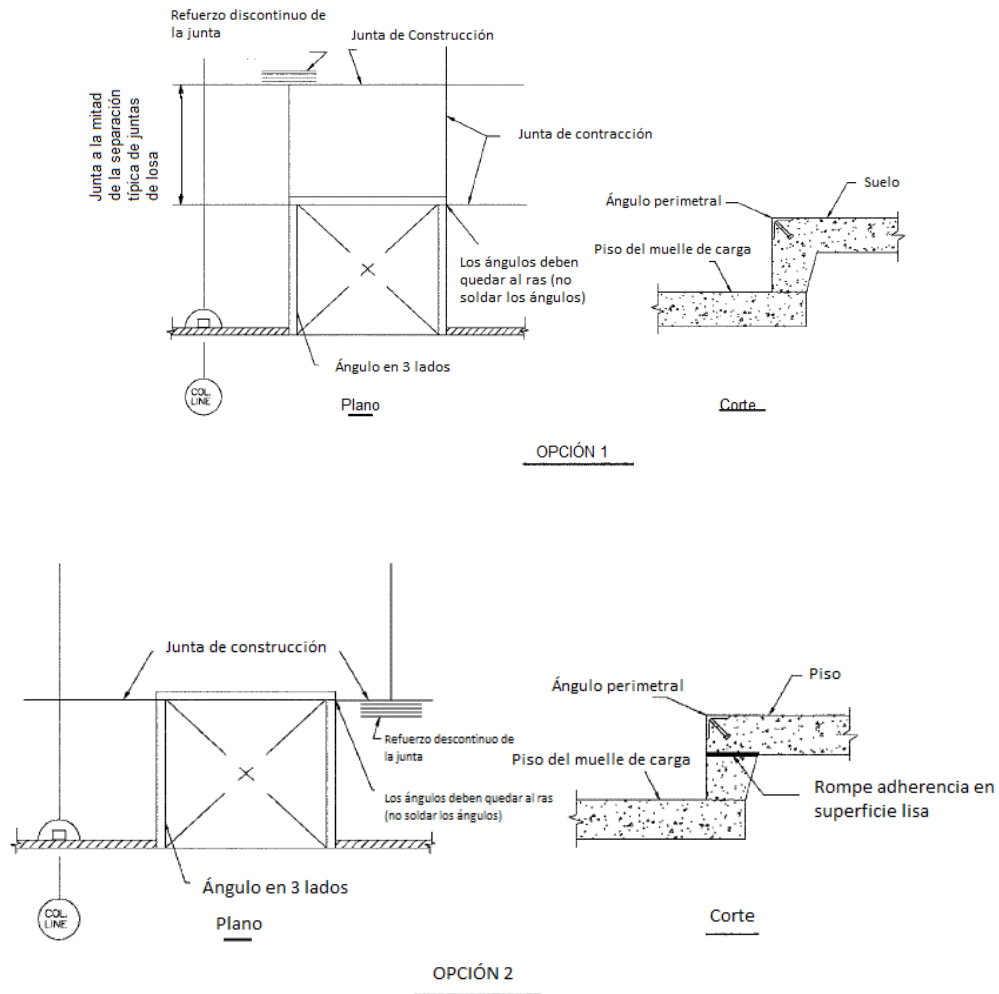


Figura 13: Juntas en muelles de carga (ACI 360, 2016)

Para pisos industriales y comerciales, se pueden hacer este tipo de juntas cortando una ranura en la losa para formar un plano débil y que se forme una grieta abajo, como lo muestra la **Figura 14**.

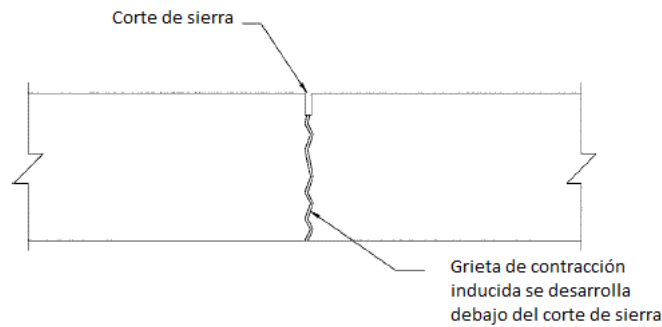


Figura 14: Junta de contracción con corte de sierra (ACI 360, 2016)

Para este tipo de juntas se utilizan herramientas como sierras convencionales de corte húmedo (con inyección de agua) y sierras convencionales de corte seco. El objetivo del corte con sierra es generar un plano débil tan pronto como se pueda crear la junta para que el piso de la losa se agriete en el corte en lugar de hacerlo aleatoriamente. Por lo general, las juntas se realizan entre 4 (clima cálido) y 12 horas (coima frío) después de que la losa haya sido terminada.

La profundidad mínima de corte de sierra utilizando una sierra convencional húmeda debe ser la mayor entre:

- $\frac{1}{4}$ de la profundidad de la losa
- 25 mm

La profundidad mínima de corte de sierra utilizando una sierra de corte en seco debe ser de 25mm para losas de hasta 230mm.

4.4 Mecanismos de transferencia de carga

Utilizar instrumentos de transferencia de carga (**Figura 11**) en juntas de construcción y contracción cuando se requiera una transferencia de carga positiva. Estos dispositivos obligan al hormigón en ambos lados de la junta a flexionarse cuando está sometido a una carga, con esto, se pueden prevenir daños en bordes expuestos cuando existen cargas de neumáticos.

Para que los pasadores sean efectivos, deben ser lisos, estar alienados y apoyados de forma que permanezcan paralelos tanto en el plano vertical como horizontal durante la operación de colocación y acabado. Sus extremos deben ser planos, cuadrados y desbarbados para que no restrinjan la contracción del hormigón. También, estos permiten que la junta se dilate libremente a medida que el hormigón se contrae.

Actualmente en la construcción es muy común los pasadores tipo placa. Estos minimizan la restricción por contracción utilizando una forma cónica, formadores de vacío o colocando un material compresible en las caras verticales con un material rompe enlaces en la superficie superior e inferior del pasado como se muestra en las **Figura 15** y **Figura 16**.

Colocar canastas para alinear los pasadores en las juntas de contracción de corte de sierra y dispositivos de instalación de alineación en juntas de construcción. En ambientes donde pueda existir corrosión, se debe proteger los pasadores. Los pasadores tipo placa cuadrados que disminuyen la restricción horizontal pueden colocarse cerca de la intersección de las juntas, pero no a menos de 150mm. Otro tipo de pasadores no deben ser colocados a menos de 300mm de la intersección de cualquier junta ya que el máximo movimiento causado por la contracción horizontal ocurre en este punto y por lo tanto, la esquina de la losa puede agrietarse. Ver **Figura 16**, **Figura 17** y **Figura 18**.

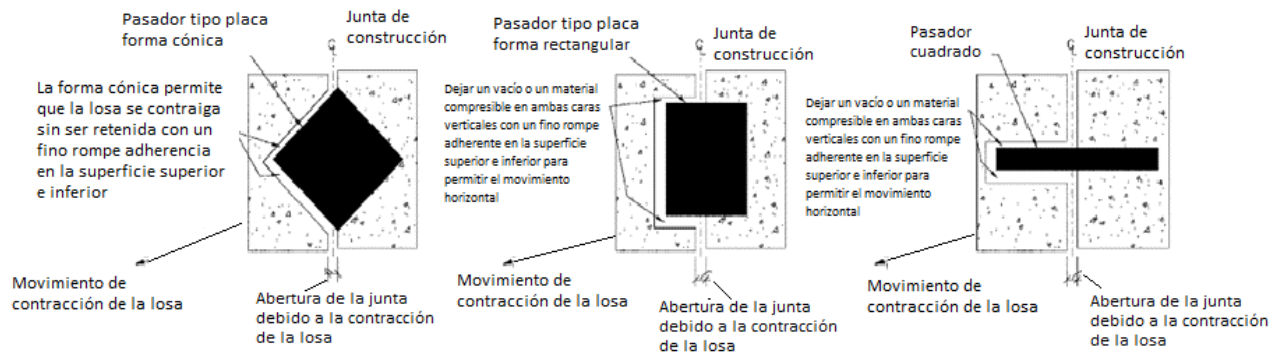


Figura 15: Vista en planta indicando las disposiciones para el movimiento longitudinal en juntas de construcción con pasadores (ACI 360, 2016)

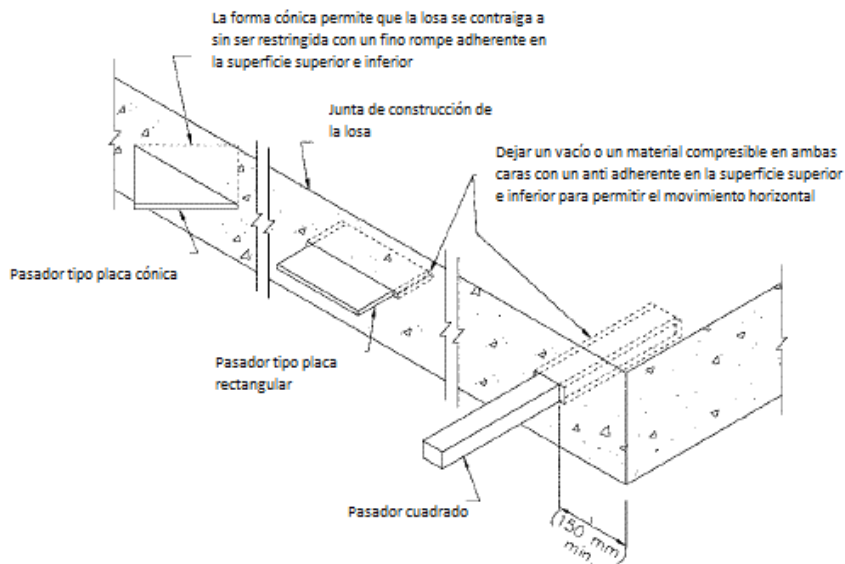


Figura 16: Vista isométrica que indica las disposiciones para el movimiento longitudinal en las juntas de construcción con pasadores (ACI 360, 2016)

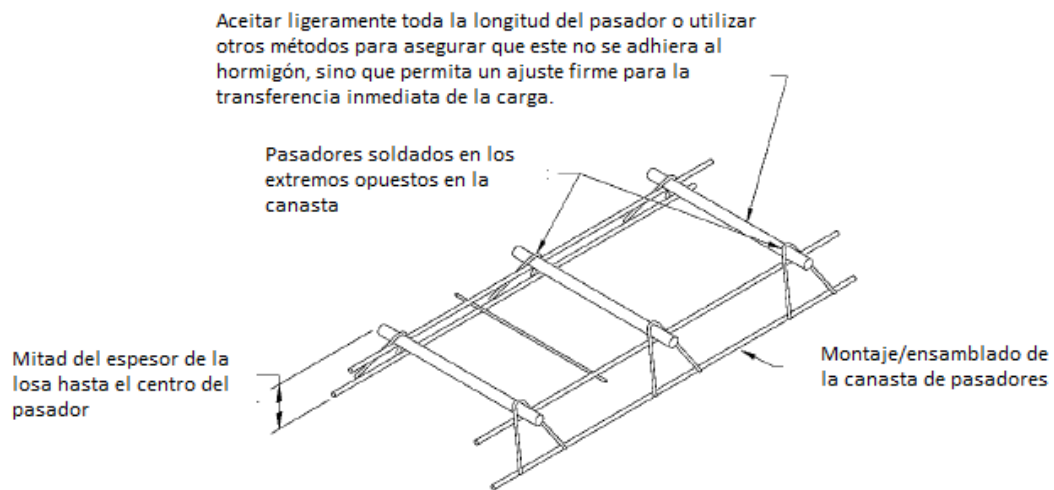


Figura 17: Ensamblaje de canastas para pasadores circulares (ACI 360, 2016)

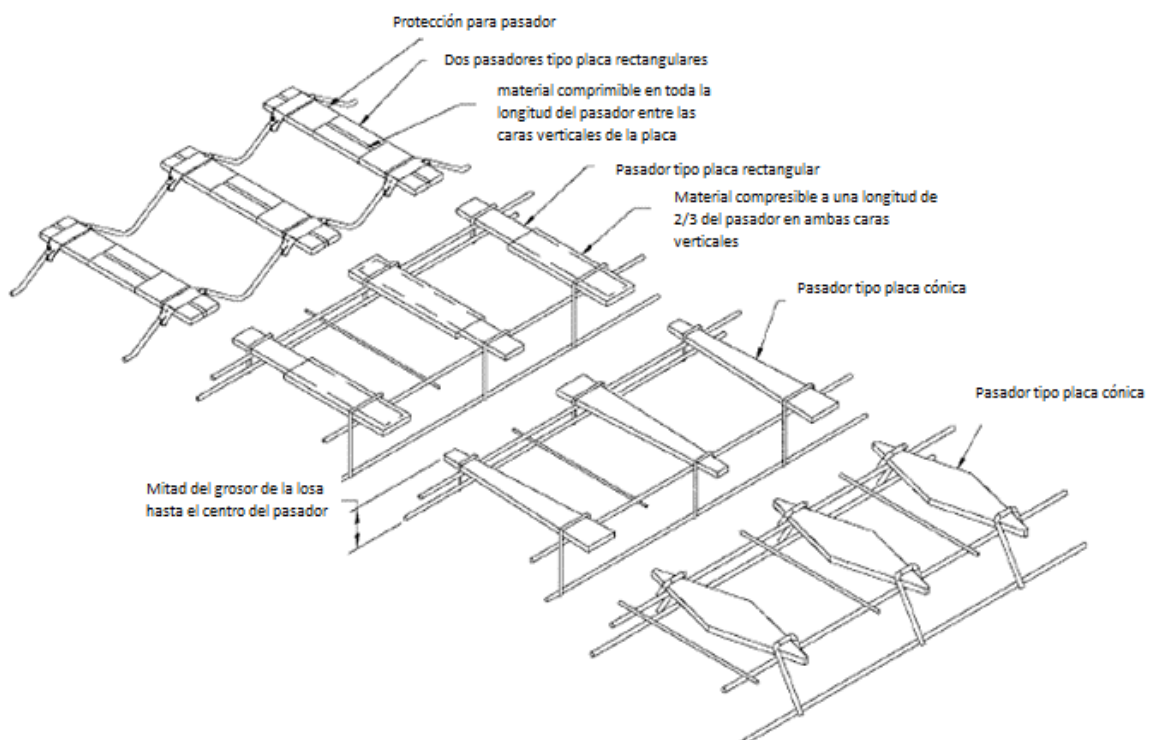


Figura 18: Ensamblaje para distintos pasadores tipo placa (ACI 360, 2016)

La **Tabla 4** indica tamaños recomendados para pasadores cuadrados y circulares y su espaciamento.

Espesor de la losa (mm)	Dimensiones del pasador (mm)					Espaciamiento de eje a eje de los pasadores		
	Junta de construcción		Junta de contracción		Placa	Circular	Cuadrado	Placa
	Circular	Cuadrado	Circular	Cuadrado				
130 a 150	19 x 250	19 x 250	19 x 330	19 x 330	MR	300	360	460
180 a 200	25 x 330	25 x 330	25 x 330	25 x 410	MR	300	360	460
230 a 280	32 x 380	32 x 380	32 x 380	32 x 460	MR	300	300	460

Tabla 4: Tamaño y espaciamiento de los pasadores para juntas de contracción y construcción (ACI 360, 2016)

NOTA: - Los valores de la tabla se basan en una apertura máxima de la junta de 5 mm.
 Alinee y apoye cuidadosamente los pasadores durante las operaciones de hormigonado.
 - Los pasadores mal alineados pueden provocar grietas.
 - Las distancias se basan en pasadores en contacto directo con un antiadherente de juntas.
 - M/R = recomendaciones del fabricante.

4.5 Protección de juntas

Se debe proteger las juntas para garantizar un buen rendimiento a largo plazo. Independientemente de los materiales escogidos para la protección, las juntas deben tener una transferencia de carga adecuada y las superficies de las losas adyacentes deben permanecer en el mismo plano.

Para juntas expuestas a cargas vehiculares, hay dos formas de protegerlas. Se rellena la junta con un material para restablecer la continuidad de la superficie o se refuerzan los bordes con placas de acero. Se recomienda usar un relleno epóxico semirrígido de buena calidad con una dureza shore A- 80 o D- 50, según la norma ASTM D 2240.

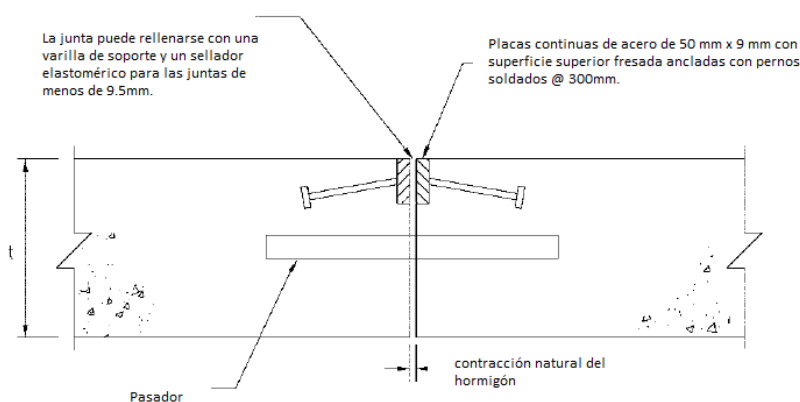


Figura 19: Detalle típico de una junta de construcción reforzada (ACI 360, 2016)

4.6 Relleno y sellado de juntas

Cuando existan condiciones de humedad, requisitos de higiene y control de polvo y la losa no esté expuesta al tráfico vehicular, las juntas de contracción y construcción pueden rellenarse con una masilla para juntas o con un sellador elastomérico. Las juntas expuestas al tráfico vehicular deben ser tratadas como se explicó en la **Sección 4.5**. Las juntas de aislamiento se sellan generalmente con un sellador elastomérico para minimizar la acumulación de humedad, suciedad o residuos. Los selladores elastoméricos no deben utilizarse en juntas interiores sometidas al tráfico de vehículos a menos que estén protegidas con bordes de acero.

Las losas de contrapiso al ser de hormigón se contraen durante años, aunque la mayor parte se produce durante el primer año. Es aconsejable aplazar el relleno y sellado de las juntas el mayor tiempo posible para minimizar los efectos de la apertura de las juntas relacionado con la contracción en el relleno o sellado. Lo ideal es que cuando la estructura esté equipada con un sistema de climatización, éste funcione durante dos semanas antes de rellenar las juntas. Esto es importante cuando se utiliza el relleno de juntas en juntas expuestas a tráfico vehicular ya que estos materiales tienen una extensibilidad mínima. Si se rellena la junta antes de que se haya producido la mayor parte de la contracción, se suele producir una separación entre el borde de la junta y el relleno de la misma o dentro del propio relleno de la junta. Estas aberturas pueden rellenarse posteriormente con un material compatible de baja viscosidad.

En suelos de almacenamiento en frío, los rellenos de juntas desarrollados específicamente para aplicaciones de temperatura fría deben instalarse después de que la cámara se haya mantenido en su temperatura de funcionamiento prevista durante al menos 48 horas antes.

Los sellantes elastoméricos deben instalarse sobre un relleno de junta preformado, una varilla de soporte u otro antiadherente como se describe en el ACI 504R. Los rellenos de juntas de epóxico y poliuretanos semirrígidos deben instalarse a toda la profundidad del corte de sierra hasta el fondo del mismo, de modo que el borde del corte de sierra funcione como soporte para el material de relleno. Las juntas deben estar limpias para proporcionar un contacto óptimo entre el relleno o el sellador y el hormigón. Los rellenos de epóxico y poliuretano deben quedar al ras de la superficie del suelo para proteger los bordes de la junta y generar una superficie de suelo sin interrupciones. La mejor manera de instalar el relleno de la junta a ras de la parte superior de la losa es sobrellenar la junta y raspando la parte superior del relleno a nivel de la superficie de la losa después de que el material se haya endurecido.

5. Diseño de losas de contrapiso con refuerzo para control de fisuras

El refuerzo en las losas de contrapiso mejora el rendimiento en determinadas condiciones. Algunos de los beneficios son:

- Limitar el ancho de la grietas por retracción.
- Distancias más largas entre juntas.
- Brindar resistencia a la flexión y estabilidad en zonas con fisuras.

NOTA: El refuerzo correctamente colocado y proporcionado no evitará las fisuras, este aumentará la frecuencia de las mismas, pero reducirá el ancho de estas. Al reducir su ancho, estas no afectan la capacidad de servicio de la losa.

5.1 Espesor de la losa

Generalmente, las losas de contrapiso están sometidas a cargas no uniformes ya que en las bodegas de almacenamiento se deben mantener pasillos despejados para el acceso de materiales, lo que hace que existan zonas con cargas y otras sin cargas. Pueden considerarse tres casos distintos diferenciados en función de la ubicación de la carga con respecto al borde de la losa. Estos se presentan para representar el efecto de la ubicación de la carga, especialmente en las esquinas o bordes libres. La mayoría de los métodos de diseño estructural más utilizados no prevén cargas en estos sectores.

- Caso 1 – Carga del neumático cerca de la esquina de una losa grande: Con una carga aplicada en la esquina de la losa, el esfuerzo crítico en el hormigón es la tensión en la superficie superior de la losa. Una solución aproximada supone una carga puntal que actúa en la esquina de la losa. A distancias cortas de la esquina, la reacción ascendente del suelo tiene poco efecto, y se considera que la losa actúa como un voladizo. A una distancia x de la esquina, el momento flector es Px ; se asume que se distribuye uniformemente a través del ancho de la sección de la losa en ángulo recto con la bisectriz del ángulo de la esquina. Para una esquina de 90 grados, el ancho de la sección es $2x$ y el momento flector por unidad de anchura de la losa es

$$\frac{Px}{2x} = \frac{P}{2}$$

Cuando h es el espesor de la losa, el esfuerzo de tracción en la superficie superior es

$$f_t = \frac{M}{S} = \left(\frac{\frac{P}{2}}{\frac{h^2}{6}} \right) = \frac{3P}{h^2}$$

Esta ecuación da resultados razonablemente cercanos sólo en las inmediaciones de la esquina de la losa, y sólo cuando la carga se aplica sobre una pequeña área de contacto. En un análisis que considera la reacción de la subrasante y que la carga se aplica sobre un área de contacto de radio a , Westergaard propone una expresión para la tensión crítica en la parte superior de la losa que se genera a una distancia $2\sqrt{a_1L}$ de la esquina de la losa

$$f_t = \frac{3P}{h^2} \left[1 - \left(\frac{a\sqrt{2}}{L} \right)^{0.6} \right]$$

Donde:

f_t Esfuerzo a tracción del hormigón; [Pa]

a Radio del área de contacto; [m]

P Carga sobre la losa de contrapiso; [N]

h Espesor de la losa; [m]

L Radio de rigidez relativa; [m]

$$L = \sqrt[4]{\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)k}}$$

Donde:

E Módulo de elasticidad del hormigón [Pa]

ν Relación de Poisson (aprox. 0.15)

k Módulo de reacción de la subrasante

El valor de L indica la rigidez relativa de la losa y la subrasante. Esta será mayor para una losa rígida sobre una base blanda y pequeña para una losa flexible sobre una base rígida.

- Caso 2 – Carga de neumático a una distancia considerable de los bordes de la losa: Cuando la carga se aplica a una distancia de los bordes de la losa aproximadamente cuatro veces la rigidez relativa (4L), el esfuerzo crítico en el hormigón estará en tensión en la superficie inferior. Esta tensión es mayor directamente bajo el centro de la zona cargada y está dada por la expresión

$$f_b = 0.316 \frac{P}{h^2} \left[\log(h^3) - 4 \log \left(\sqrt{1.6a^2 + h^2} - 0.675h \right) - \log(k) + 6.48 \right]$$

- Caso 3 – Carga de neumático en el borde de la losa, pero alejada a una distancia considerable de la esquina: Cuando la carga se aplica a una distancia a lo largo de un borde de la losa, el esfuerzo crítico de tracción está en la parte inferior del concreto, directamente bajo la carga, y es igual a
Para las ecuaciones 7.4 y 7.5 usar P en lb, h en pulgadas y k en lb/in³, entonces f_b estará en lb/in². Si el esfuerzo de tensión, dado por las ecuaciones anteriores, excede el esfuerzo de flexión del hormigón permitido, es necesario aumentar el espesor de la losa, aumentar la resistencia al flexión del hormigón o proporcionar un refuerzo.
- Caso 4 – Cargas distribuidas sobre áreas parciales: Además de las cargas concentradas, las cargas uniformemente distribuidas sobre áreas parciales de las losas pueden generar la condición de diseño crítica. Como en las bodegas de almacenamiento las cargas pesadas se alternan en corredores despejados, es probable que el agrietamiento se produzca a lo largo de la línea central de los pasillos. El momento negativo crítico (M_c) en el centro del pasillo de la losa está dado por la siguiente expresión:

$$M_c = \frac{w}{2\lambda^2} e^{-\lambda a} [\text{sen}(\lambda a)]$$

Donde

M_c Momento de la losa en el centro del corredor; [m-N/m]

E Módulo de elasticidad del hormigón; [Pa]

λ $[\sqrt[4]{\frac{k}{4EI}}; m^{-1}]$

I Inercia; [m^4]

a Ancho de la mitad del corredor; [m]

k Módulo de reacción de la subrasante; [N/m^3]

w Carga uniforme; [N/m^2]

Sabiendo que el ancho del pasillo no siempre se puede predecir con exactitud, se recomienda que se utilice un “ancho de pasillo crítico” para que este maximice el momento de flexión.

También, se puede determinar el espesor de la losa con los siguientes métodos:

- a) Método PCA
- b) Método COE

Cada uno de estos métodos suponen que la losa permanece en contacto con el suelo en toda su superficie y sirven para evitar las fisuras inducidas por cargas vivas mediante la provisión de una sección transversal de losa adecuada utilizando un factor de seguridad. El método PCA toma en cuenta las cargas vivas impuestas en el interior de la losa, mientras que el método COE sólo considera las cargas vivas impuestas en los bordes o juntas de la losa.

A continuación, se detalla cada uno de los métodos:

5.1.1 Método PCA (Portland Cement Association)

El método de diseño PCA solamente es para cargas interiores, es decir, las cargas no son adyacentes a los bordes libres. Las variables utilizadas para este método son la resistencia a la flexión, esfuerzo de trabajo, área de contacto de la rueda, espaciamiento, y el módulo de reacción de la subrasante (k). Se debe asumir la relación de Poisson (0.15) y el módulo de elasticidad del hormigón (28000 MPa).

5.1.1.1 Cargas de ruedas / vehiculares

Como se analizó en la sección 2, las losas están sometidas a varios tipos de cargas, entre ellas, cargas de ruedas o vehiculares como los montacargas. Las presiones de los neumáticos se encuentran en la sección 2.1.

Utilizar **Figura 20**, **Figura 21** y **Figura 22** para el diseño de PCA para cargas de neumáticos.

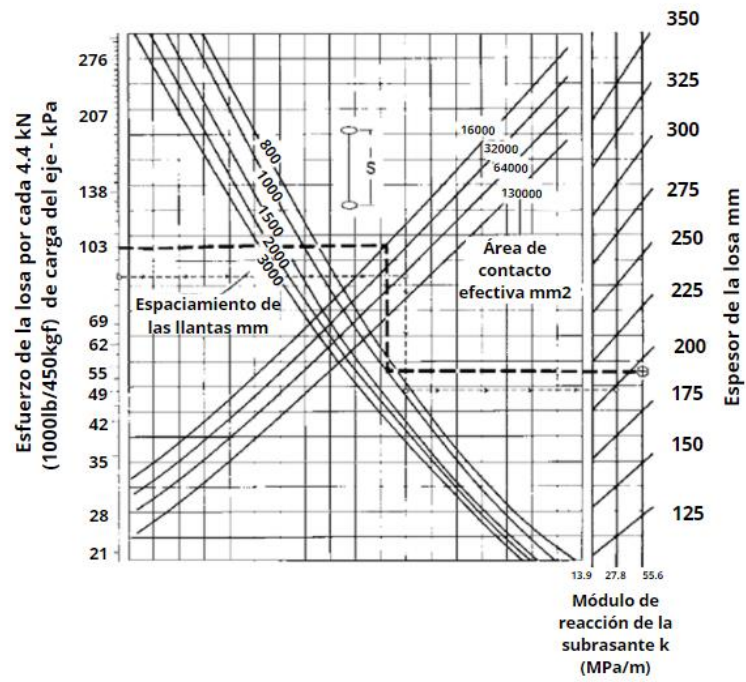


Figura 20: Gráfico de diseño del PCA para ejes con ruedas simples (ACI 360, 2016)

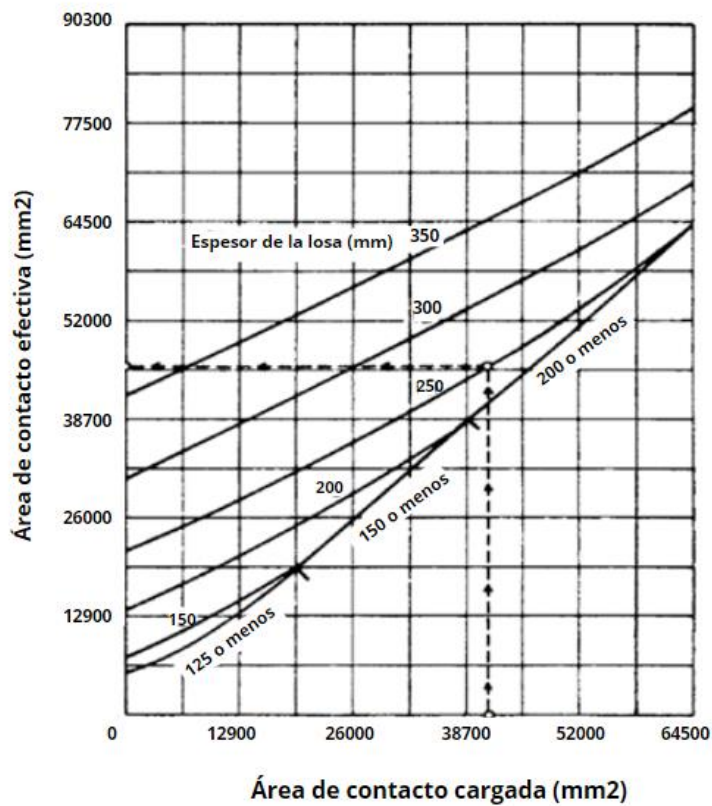


Figura 21: Relación entre el área de contacto cargada y el área de contacto cargada efectiva (ACI 360, 2016)

3

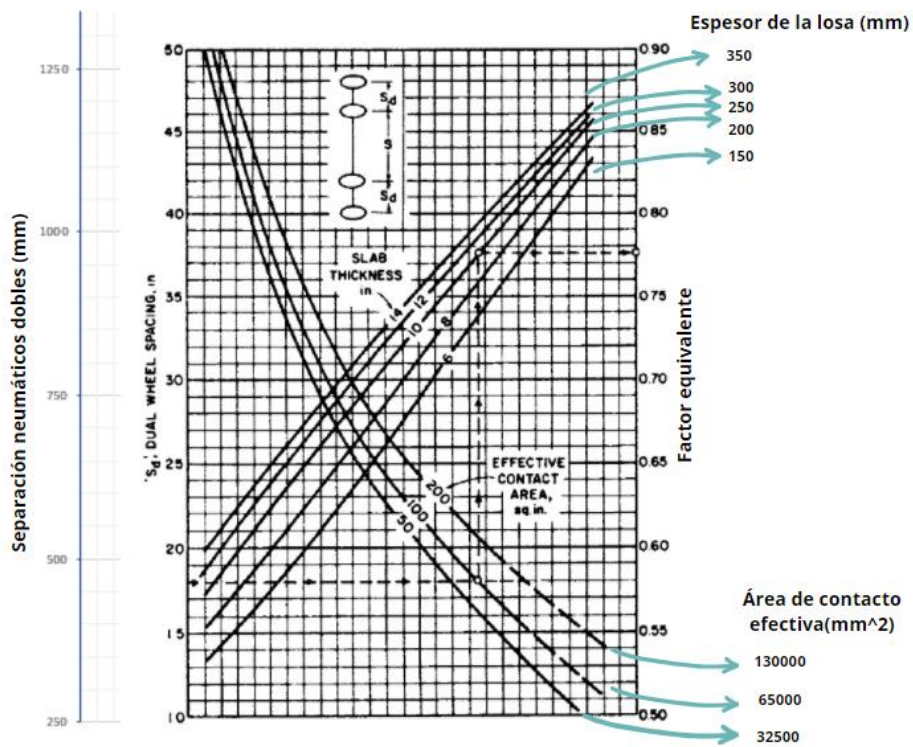


Figura 22: Gráfico de diseño del PCA para ejes con ruedas dobles (ACI 360, 2016)

5.1.1.2 Cargas concentradas

Este tipo de cargas suelen ser más críticas que las vehiculares, aunque el diseño es el mismo. Las figuras **Figura 24**, **Figura 25** y **Figura 26** muestran el diseño del método PCA para cargas concentradas de postes de racks (estanterías).

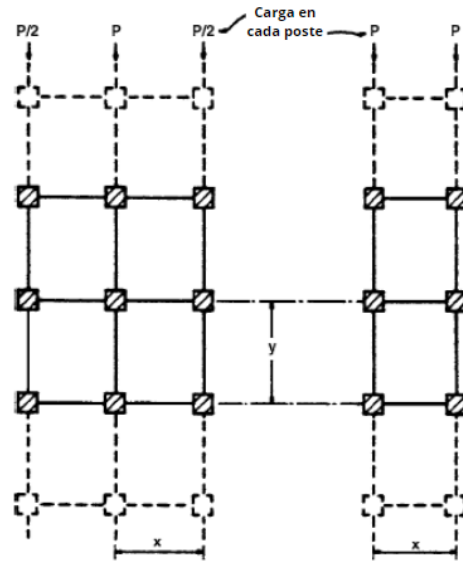


Figura 23: Configuraciones de postes de estanterías y cargas (ACI 360, 2016)

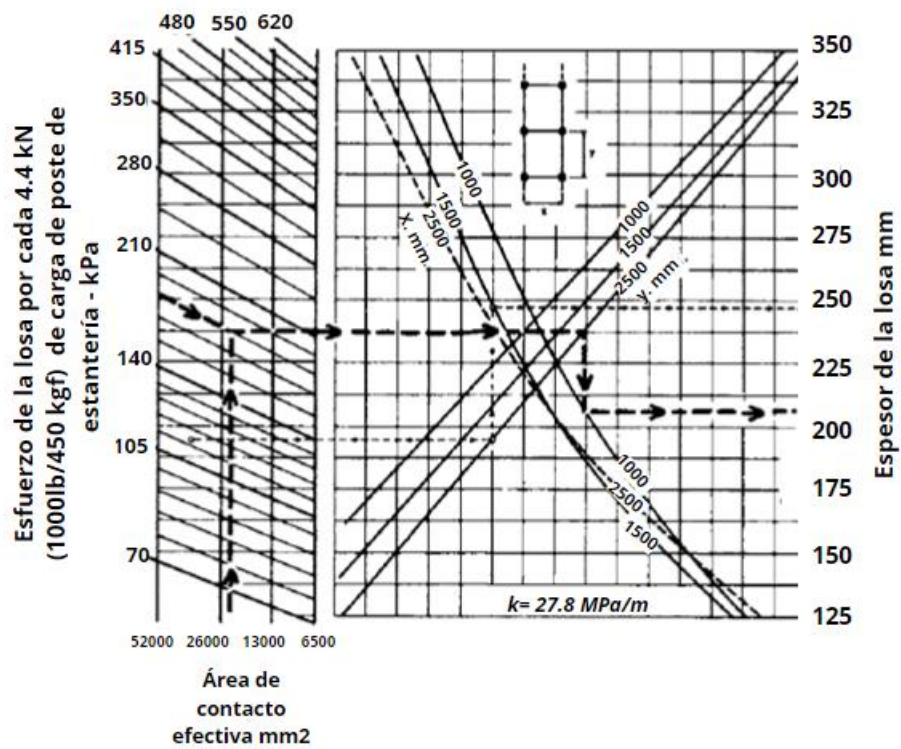


Figura 24: Gráfico de diseño del PCA para cargas de estanterías con $k = 27.8 \text{ MPa/m}$ (ACI 360, 2016)

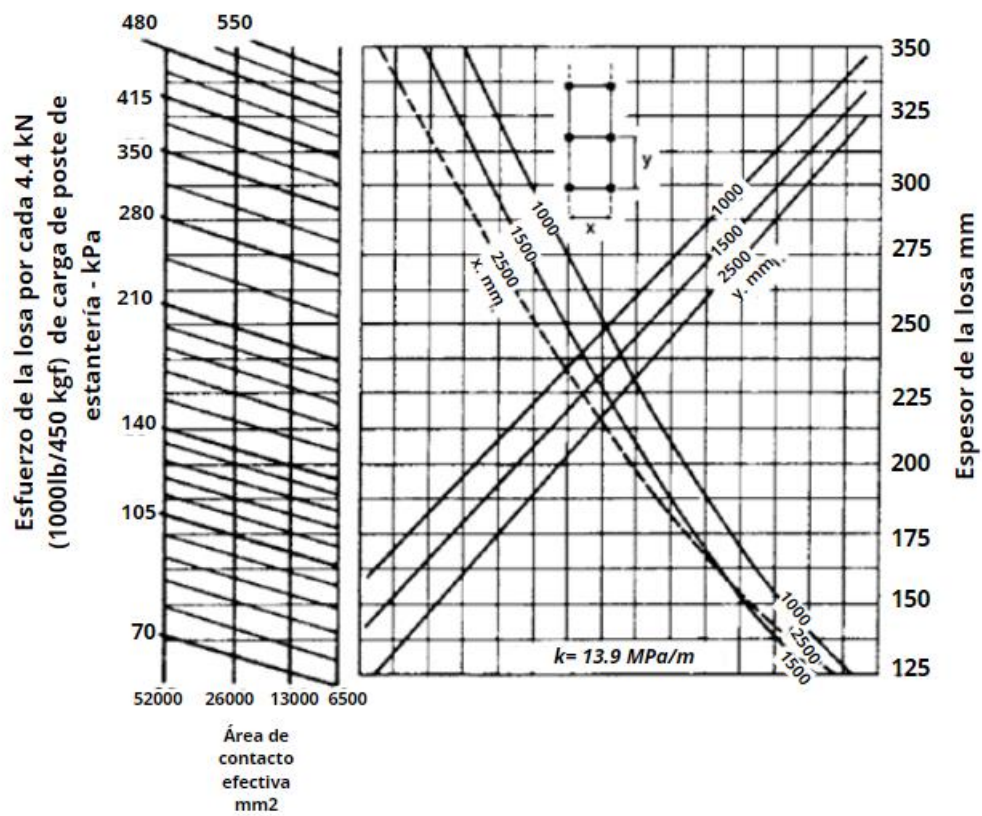


Figura 25: Gráfico de diseño del PCA para cargas de estanterías con $k = 13.9 \text{ MPa/m}$ (ACI 360, 2016)

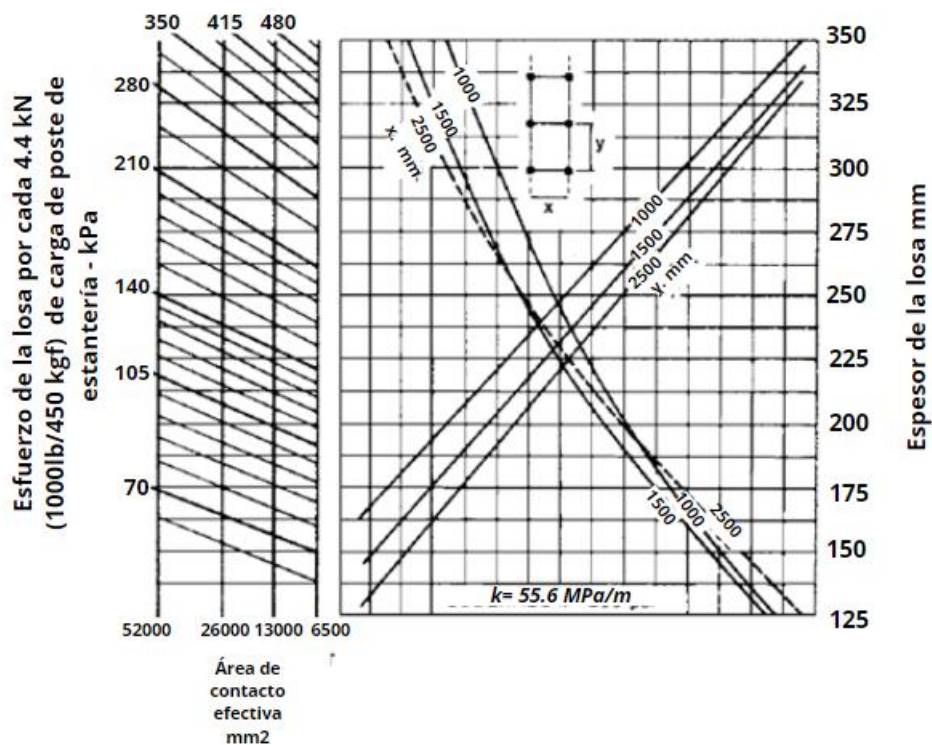


Figura 26: Gráfico de diseño del PCA para cargas de estanterías con $k = 55.6 \text{ MPa/m}$ (ACI 360, 2016)

5.1.1.3 Cargas uniformes

Los dos objetivos principales del diseño para cargas uniformes son prevenir las grietas superiores en los corredores que no están expuestos a cargas y evitar el asentamiento excesivo debido a la consolidación de la subrasante. Las tablas del método PCA consideran la resistencia a la flexión del hormigón y el k de la subrasante como principales variables.

5.1.1.4 Cargas de construcción

El método PCA no indica diseños para cargas de construcción, sin embargo, estas cargas pueden ser determinadas como una equivalencia de cargas vehiculares, concentradas o uniformes con las mismas figuras y tablas mostradas anteriormente en la [sección 5.1.1.2](#).

5.1.2 Método COE (Corps of Engineers)

El método COE está pensado para cargas de neumáticos y ejes aplicadas únicamente en un borde o junta. No se toman en cuenta las cargas concentradas, uniformes, construcción, ni lineales. Las variables son la resistencia a la flexión del hormigón, k y la categoría del índice de diseño. El índice de diseño es utilizado para simplificar el diseño de los montacargas que tienen menos de 110 kN de carga por eje. Los valores asumidos son:

- Valor de impacto= 25%
- Módulo de elasticidad del hormigón= 28000 MPa
- Relación de Poisson= 0.20
- Área de contacto de las llantas y distancia entre ellas.

Usar la **Figura 27** y **Figura 28** para el diseño con el método COE.

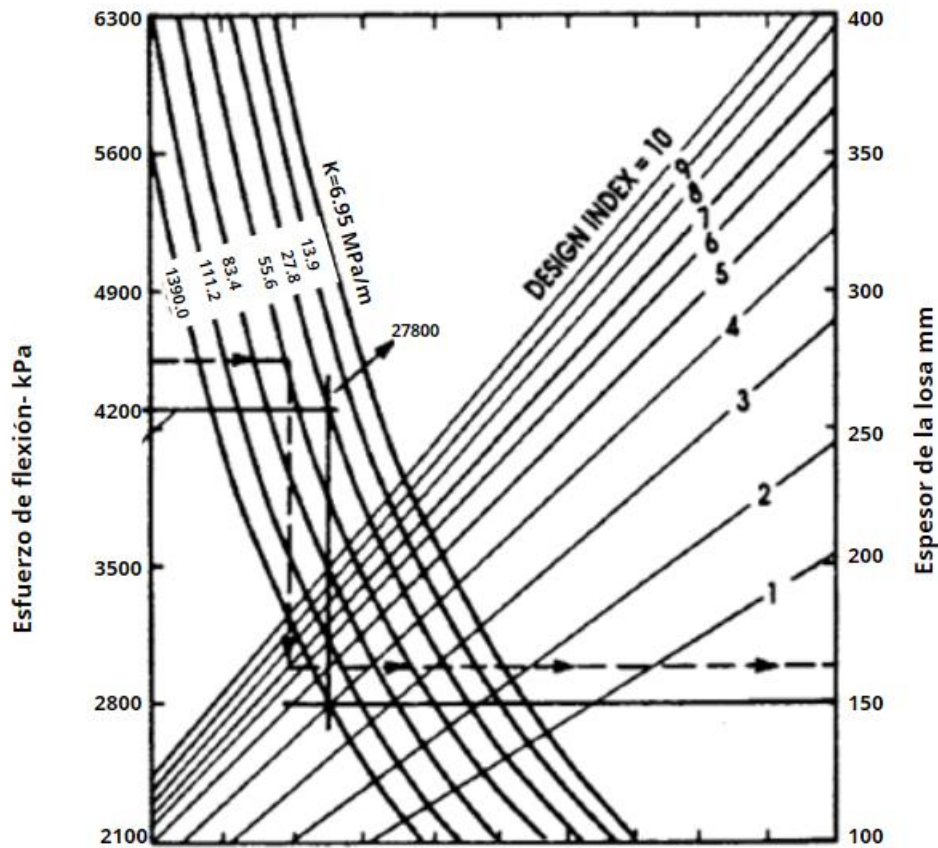


Figura 27: Curvas COE para determinar el espesor del suelo de hormigón según tabla 5 (ACI 360, 2016)

Clase	1	2	3	4	5	6
Capacidad; kN	17.6	264	440	704	880	2288
Carga por eje de diseño; kN	440	660	1100	1584	1892	5280
# Llantas	4	4	6	6	6	6
Tipo de llanta	Sólido	Sólido	Neumático	Neumático	Neumático	Neumático
Área de contacto de la llanta; mm ²	17419	23290	40323	64516	76774	203871
Presión de contacto, kPa	862	1434	689	621	621	655
Ancho de la llanta; mm	152.4	178	203.2	228.6	228.6	406.4

Ancho del corredor; mm	2286	2286	3353	3658	3658	4877
Distancia entre llantas dobles; mm	-	-	76	102	102	102

Tabla 5: Categorías de índice de diseño utilizadas con el método de selección del espesor de la losa COE (ACI 360, 2016)

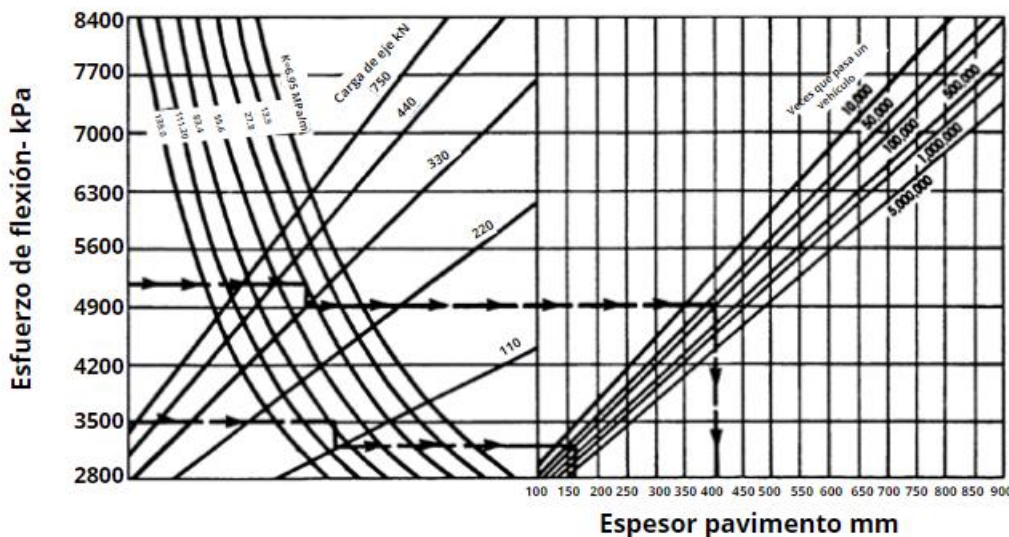


Figura 28: Las curvas de diseño del COE para pisos de hormigón con tráfico pesado. (ACI 360, 2016)

5.2 Refuerzo para el control de fisuras

El refuerzo necesario para el control del ancho de fisuras es una función de la distancia entre juntas y el espesor de la losa. Para eliminar las juntas de contracción con corte de sierra, se requiere una cantidad continua de refuerzo con una proporción de acero mínima de 0.5% del área de la sección transversal de la losa en la dirección en la que se eliminan las juntas de contracción. Para losas que no van a estar expuestas o donde la apariencia no es algo fundamental, el refuerzo debe estar lo más cercano posible a la superficie superior de la losa, con un recubrimiento mínimo de hormigón. Por otro lado, si la losa está expuesta a la vista y esta debe tener un buen acabado, se considera un recubrimiento suficiente de 38 a 51mm para minimizar la vista de las barras y el agrietamiento por hundimiento en el sentido longitudinal de la armadura.

6. Referencias

- ACI 302. (2015). *Guide to Concrete Floor and Slab Construction*.
 ACI 360. (2016). *Guide to Design of Slabs-on-Ground*. ACI Committe 360, 7.
 Áreatecnología. (s.f.). *Áreatecnología*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/materiales/resiliencia-materiales.html#:~:text=El%20m%C3%B3dulo%20de%20Resiliencia%20es,c%C3%BAbicos%20en%20el%20Sistema%20Internacional>.

ASTM D-2216. (s.f.). *Método de ensayo para determinar el contenido de humedad en el suelo.*

Portland Cement Association. (1984). Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavement . *Engineering Bulletin*, 47.

ANEXO B: EJEMPLO DE DISEÑO DE LOSAS DE CONTRAPISO CON REFUERZO PARA CONTROL DE FISURAS

A continuación, se presenta un ejemplo de diseño con el método PCA de una losa de contrapiso con refuerzo para control de fisuras. Se presentan dos casos, el caso "a" se refiere al diseño de una losa sin acero de refuerzo con juntas de contracción para el control de fisuras, mientras que el caso "b" se refiere al cálculo de la cuantía de acero para una losa sin juntas de contracción. El contrapiso será diseñado para un galpón, el cual está expuesto a cargas de estanterías. Los datos obtenidos son los siguientes:

- Carga de los postes de las estanterías: 70 kN
- Área de contacto de la placa para cada poste: 40000 mm²
- Espaciamiento y: 2500mm
- Espaciamiento x: 1000mm
- Material: Hormigón de 21MPa
- Esfuerzo permitido: 3 MPa
- $k= 20$ MPa/m
- Losa con revestimiento sensible al vapor.

a) Losa de contrapiso sin acero para el control de fisuras:

1. Cálculo de la subbase

Al tener una $k=20$ MPa/m, se decide colocar una subbase granular con el fin de mejorar la calidad del suelo. Se utiliza la **Figura B1** para la determinación del espesor de la subbase y su k .

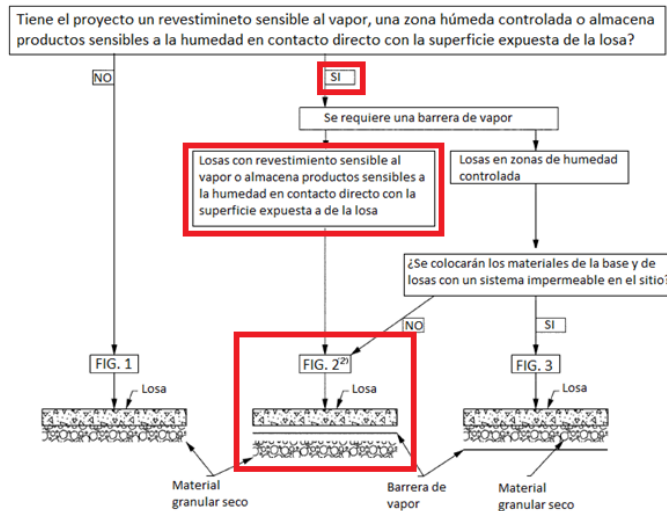
Valor de k para subrasante		Valor de k para subbase							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	Lb/pulg ²	Mpa/m	Lb/pulg ²	Mpa/m	Lb/pulg ²	Mpa/m	Lb/pulg ²	Mpa/m	Lb/pulg ²
20	73	23	85	26	96	35	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Fuente: Guía Para Diseño de Estructuras de Pavimentos

Se determina una subbase granular de 150mm con un $k=26$ MPa/m.

1.1 Barrera de Vapor

Como es una losa con un revestimiento sensible al vapor, se determina en donde va a colocar la barrera de vapor con la **Figura B2**.



Fuente: (ACI 360, 2016)

Se colocará una barrera de vapor entre la losa y la subbase.

2. Espesor de la losa

Como la losa está expuesta a cargas de estanterías, se utiliza la **Figura B3** del método PCA con un $k=27.8 \text{ MPa/m}$ para determinar el espesor requerido del contrapiso.

$$\text{Esfuerzo por cada } 4.4 \text{ kN (1000lb/450 kgf) de carga de poste de estantería} = \frac{3 \text{ MPa}}{70 \text{ kN}} \cdot 4.4 \text{ kN} \approx 188 \text{ kPa}$$

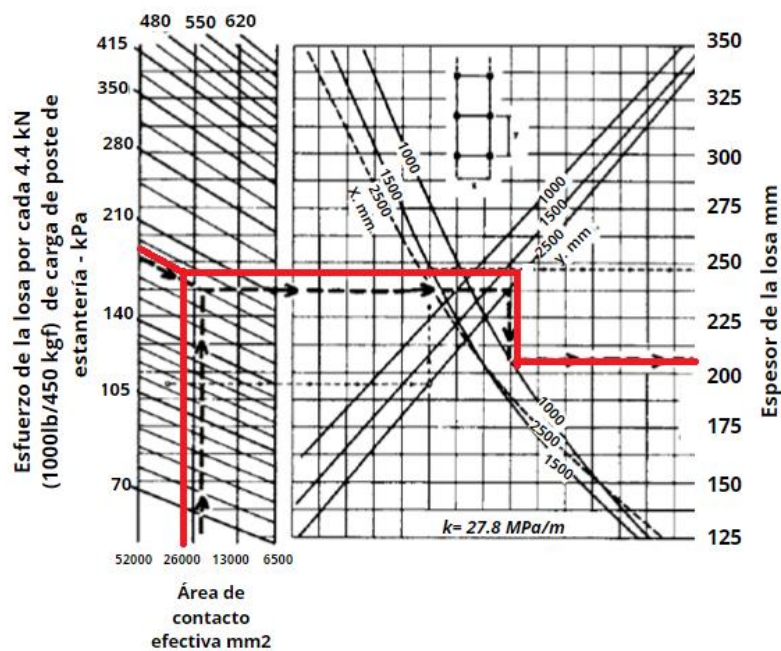


Figura B3: Cálculo del espesor de la losa de contrapiso con el método PCA (ACI 360, 2016)

Por lo tanto, se obtiene un espesor de losa de 22 cm aproximadamente.

3. Diseño de juntas

a) Juntas de aislamiento

La losa de contrapiso debe estar aislada de cualquier elemento estructural para que ésta pueda trabajar como un cuerpo independiente. En este caso, se deben colocar juntas de aislamiento en las cuatro columnas del galpón. **Ver la Figura B4 y B7.**

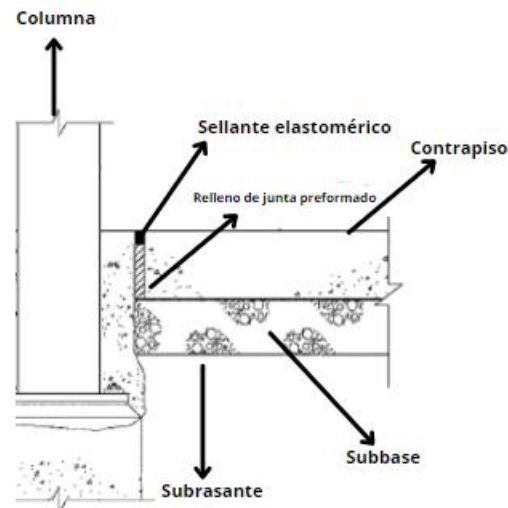


Figura B4: Corte de columna y junta de aislamiento (ACI 360, 2016)

b) Juntas de construcción

Las juntas de construcción se colocan cuando se requiera fundir una gran cantidad de volumen de concreto y, por lo tanto, ésta se vea interrumpida y se deba fundir al día siguiente o varias horas después. En este caso, se requiere un volumen de:

$$\begin{aligned} \text{Volumen de hormigón} &= (10m * 9m * 0.22m) = 19.8m^3 \\ \# \text{ de mixers} &= \frac{19.8m^3}{7m^3} \approx 3 \text{ mixers} \end{aligned}$$

Al requerirse 3 mixers en total para la fundición de la losa, no es necesario colocar juntas de construcción.

c) Juntas de contracción

Como este contrapiso no lleva acero de refuerzo para el control de fisuras, se determina el espaciamiento entre juntas con la **Figura B5**

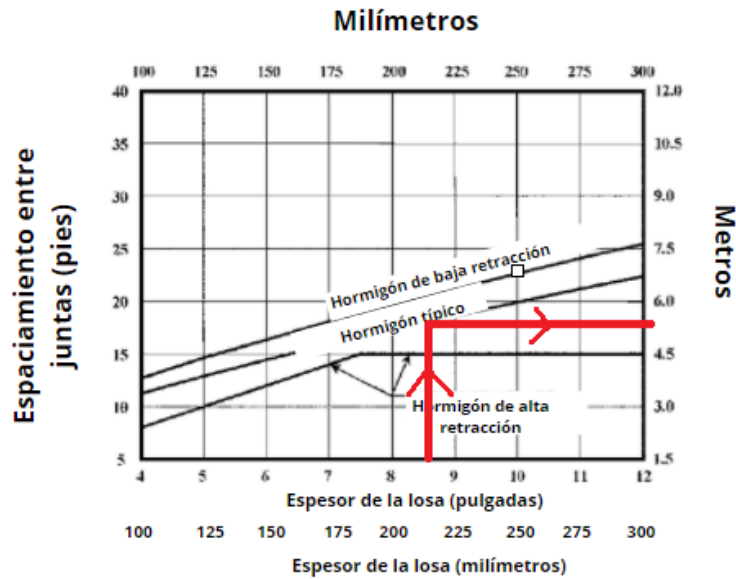


Figura B5: Espaciamiento entre juntas de contracción (ACI 360, 2016)

Por lo tanto, se obtiene un espaciamiento entre juntas de 5m.

Para determinar la profundidad del corte de sierra para generar la junta de contracción, la guía establece lo siguiente:

Mayor entre: - $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa

- 25mm

$$\frac{1}{4} * 220mm = 55mm$$

ó
25 mm

Se obtiene una profundidad del corte de sierra para la junta de contracción de 55mm. Ver **Figura B6**.

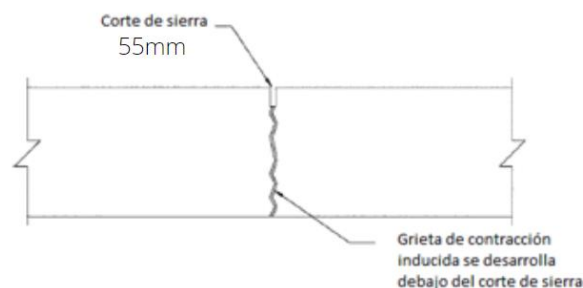


Figura B6: Corte de sierra para junta de contracción (ACI 360, 2016)

Con los datos obtenidos, ver la **Figura B7** donde se muestra la configuración de las juntas de aislamiento y de contracción.

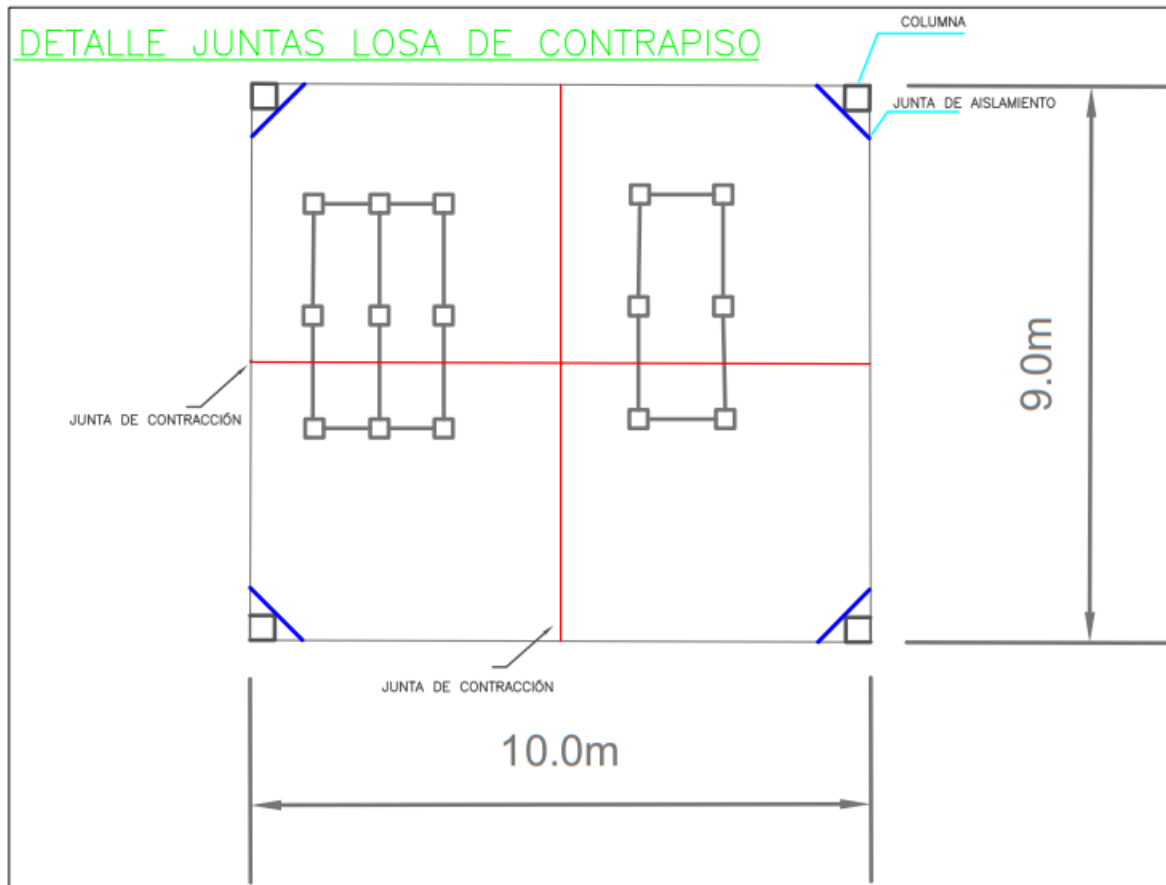


Figura B7: Juntas de aislamiento y de contracción.

La guía establece que se la relación de aspecto entre paneles debe ser máximo de 1.5 a 1, por lo tanto, se determina si esta condición se cumple:

$$\frac{l}{a} \leq 1.5$$

$$\frac{5}{4} \leq 1.5$$

$$1.25 \leq 1.5 \text{ Ok}$$

b) Losa con refuerzo para control de fisuras

Para eliminar las juntas de contracción, se debe colocar mínimo 0.5% de acero del área de la sección transversal de la losa:

$$0.5\% * b * h$$

$$0.5\% * 1000\text{mm} * 220\text{mm} = 1100\text{mm}^2 \text{ por cada metro lineal de losa}$$

Con la **Tabla B1**, se determina el espaciamiento y diámetros de las varillas según la cuantía calculada anteriormente.

Separación (mm)	Diámetro de varilla										
	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36
75	1 047	1 508	2 053	2 681	3 393	4 189	5 068	6 545	8 210	10 723	13 572
90	873	1 257	1 710	2 234	2 827	3 491	4 224	5 454	6 842	8 936	11 310
100	785	1 131	1 539	2 011	2 545	3 142	3 801	4 909	6 158	8 042	10 179
115	683	983	1 339	1 748	2 213	2 732	3 306	4 268	5 354	6 993	8 851
130	604	870	1 184	1 547	1 957	2 417	2 924	3 776	4 737	6 187	7 830
140	561	808	1 100	1 436	1 818	2 244	2 715	3 506	4 398	5 745	7 271
150	524	754	1 026	1 340	1 696	2 094	2 534	3 272	4 105	5 362	6 786
165	476	685	933	1 219	1 542	1 904	2 304	2 975	3 732	4 874	6 169
180	436	628	855	1 117	1 414	1 745	2 112	2 727	3 421	4 468	5 655
190	413	595	810	1 058	1 339	1 653	2 001	2 584	3 241	4 233	5 357
200	393	565	770	1 005	1 272	1 571	1 901	2 454	3 079	4 021	5 089
225	349	503	684	894	1 131	1 396	1 689	2 182	2 737	3 574	4 524
250	314	452	616	804	1 018	1 257	1 521	1 963	2 463	3 217	4 072
300	262	377	513	670	848	1 047	1 267	1 636	2 053	2 681	3 393
325	242	348	474	619	783	967	1 170	1 510	1 895	2 475	3 132
350	224	323	440	574	727	898	1 086	1 402	1 759	2 298	2 908
375	209	302	411	536	679	838	1 014	1 309	1 642	2 145	2 714
400	196	283	385	503	636	785	950	1 227	1 539	2 011	2 545
425	185	266	362	473	599	739	894	1 155	1 449	1 892	2 395
450	175	251	342	447	565	698	845	1 091	1 368	1 787	2 262

Tabla B1: Área de varillas en losas (mm^2/m). Cortesía Juan José Recalde

Se decide utilizar varillas de 20mm con un espaciamiento de 300mm entre ellas. La **Figura B8** muestra la configuración de las varillas de refuerzo para la losa.

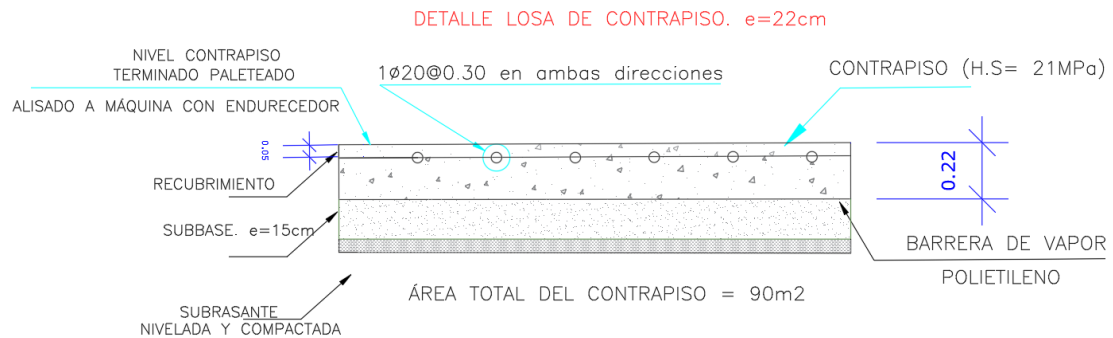


Figura B8: Detalle losa de contrapiso con refuerzo.

ANEXO C: ARTÍCULO TIPO REVISTA. DISEÑO DE LOSAS DE CONTRAPISO CON REFUERZO PARA CONTROL DE FISURAS.

Diseño de losa de contrapiso con refuerzo para control de fisuras.

Autores: Martín Williamson, Juan José Recalde, PhD, USFQ

¿Qué es una losa de contrapiso?

Una losa de contrapiso es una losa cuya principal función es soportar cargas apoyándose en el suelo (ACI 360, 2016). Existen cuatro tipos: Primero, losas de hormigón sin refuerzo, losas reforzadas para limitar el ancho de las fisuras debido a retracción, temperatura y a cargas aplicadas, las cuales se arman con varillas de acero o alambre. Losas reforzadas para evitar el agrietamiento debido a contracción, temperatura y cargas aplicadas. Y, por último, losas estructurales diseñadas de acuerdo con el ACI 318.

¿Por qué es importante el diseño de contrapisos?

Los contrapisos son utilizados en estructuras como viviendas pequeñas hasta grandes bodegas de almacenamiento o galpones industriales. Al estar expuestas a diferentes tipos de cargas, estas deben tener un diseño específico que cumpla con sus necesidades, pero en mucho de los casos su diseño es basado en la experiencia del constructor y no basada en una guía de diseño de losas de contrapiso. En este artículo, se mostrará un ejemplo del diseño de un contrapiso con refuerzo y sin refuerzo para el control de fisuras.

JUNTAS

EJEMPLO LOSA DE CONTRAPISO

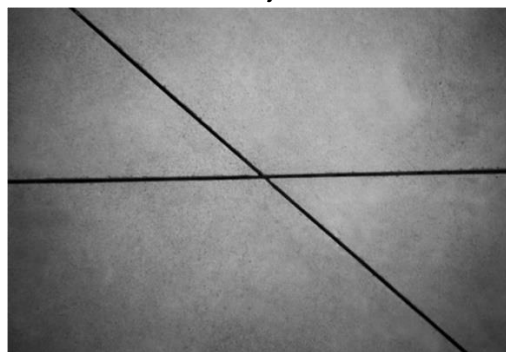
Se presentan dos casos, el caso "a" se refiere al diseño de una losa sin acero de refuerzo con juntas de contracción para el control de fisuras, mientras que el caso "b" se refiere al cálculo de la cuantía de acero para una losa sin juntas de contracción.

Las juntas son utilizadas en las losas de contrapiso para limitar la frecuencia y ancho de fisuras que se generan por cambios en el volumen del concreto. Los 3 tipos de juntas más comunes utilizadas en construcción son:

a) Juntas de aislamiento: Utilizar juntas de aislamiento cuando se requiera de total libertad de desplazamientos horizontales y verticales entre el suelo y los elementos estructurales (muros, zapatas, columnas).

b) Juntas de construcción: Las juntas de construcción son colocadas en una losa para definir la extensión de las colocaciones individuales generalmente de acuerdo con una disposición de juntas predeterminada. Si la fundición del hormigón es interrumpida un tiempo suficiente para que este se endurezca, se debe colocar juntas de construcción.

c) Juntas de contracción: Las juntas de contracción con corte de sierra son utilizadas para limitar el agrietamiento aleatorio fuera de las juntas.



Fuente: 360enconcreto

Datos:

- Carga de los postes de las estanterías: 70 kN
- Área de contacto de la placa para cada poste: 40000 mm²
- Espaciamiento y: 2500mm
- Espaciamiento x: 1000mm
- Material: Hormigón de 21MPa
- Esfuerzo permitido: 3 MPa
- $k= 20$ MPa/m
- Losa con revestimiento sensible al vapor.

a) LOSA DE CONTRAPISO SIN ACERO PARA EL CONTROL DE FISURAS:**1.Cálculo de la subbase**

Al tener una $k=20$ MPa/m, se decide colocar una subbase granular con el fin de mejorar la calidad del suelo. Se utiliza la figura 1 para la determinación del espesor de la subbase y su k .

Valor de k para subrasante		Valor de k para subbase							
		100 mm		150 mm		225 mm		300 mm	
Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³
20	73	23	85	26	96	35	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Figura 1: Valor de k para la subbase. Fuente: Guía Para Diseño de Estructuras de Pavimentos

Se determina una subbase granular de 150mm con un $k=26$ MPa/m.

1.1 Barrera de Vapor

Como es una losa con un revestimiento sensible al vapor, se determina en donde va a colocar la barrera de vapor con la figura 2.

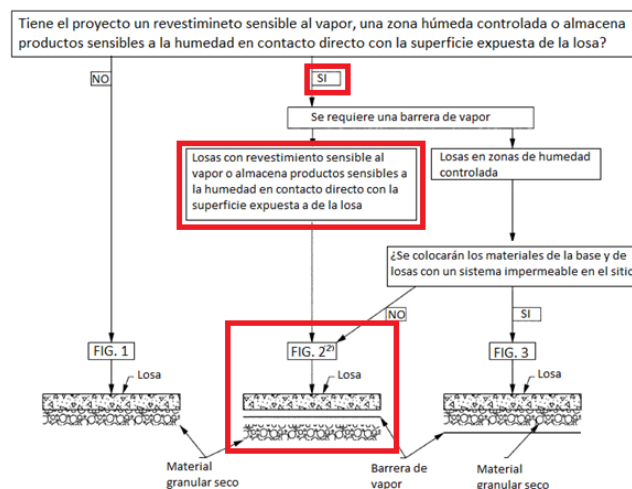


Figura 2: Barrera de Vapor. Fuente: (ACI 360, 2016)

Se colocará una barrera de vapor entre la losa y la subbase.

2. Espesor de la losa

Como la losa está expuesta a cargas de estanterías, se utiliza la figura 3 del método PCA con un $k=27.8 \text{ MPa/m}$ para determinar el espesor requerido del contrapiso.

$$\text{Esfuerzo por cada } 4.4 \text{ kN (1000lb/450 kgf) de carga de poste de estantería} = \frac{3 \text{ MPa}}{\frac{70 \text{ kN}}{4.4 \text{ kN}}} \approx 188 \text{ kPa}$$

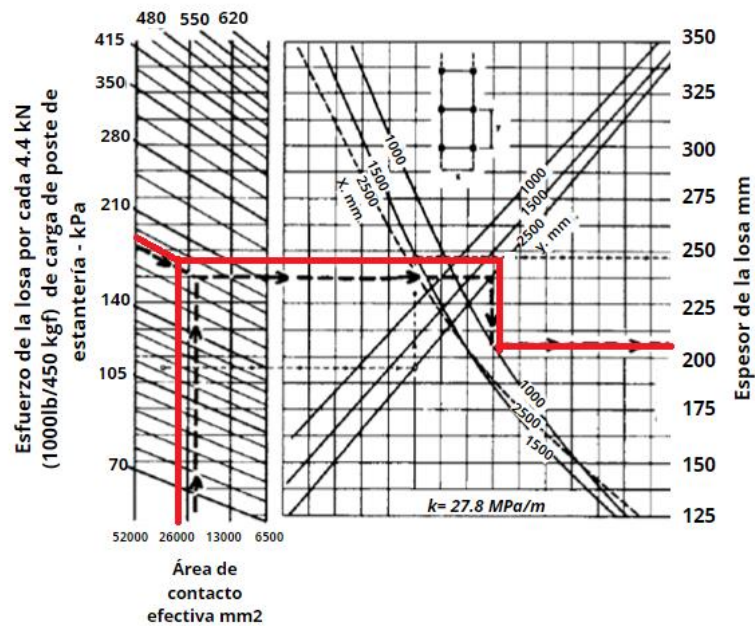


Figura 3: Cálculo del espesor de la losa de contrapiso con el método PCA (ACI 360, 2016)

3. Diseño de juntas

a) Juntas de aislamiento

La losa de contrapiso debe estar aislada de cualquier elemento estructural para que ésta pueda trabajar como un cuerpo independiente. En este caso, se deben colocar juntas de aislamiento en las cuatro columnas del galpón. Ver la figura 4 y figura 7.

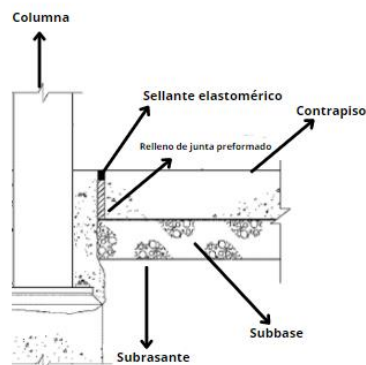


Figura 4: Corte columna y junta de aislamiento.

b) Juntas de construcción

$$\text{Volumen de hormigón} = (10m * 9m * 0.22m) = 19.8m^3$$

$$\# \text{ de mixers} = \frac{19.8m^3}{7m^3} \approx 3 \text{ mixers}$$

Al requerirse 3 mixers en total para la fundición de la losa, no es necesario colocar juntas de construcción.

c) Juntas de contracción

Como este contrapiso no lleva acero de refuerzo para el control de fisuras, se determina el espaciamiento entre juntas con la figura 5.

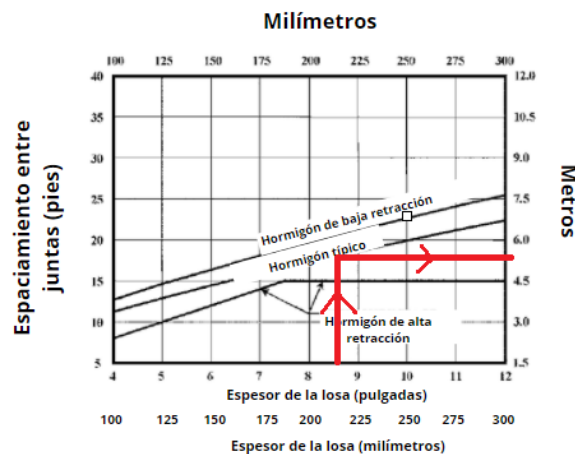


Figura 5: Espaciamiento entre juntas de contracción (ACI 360, 2016)

Por lo tanto, se obtiene un espaciamiento entre juntas de 5m.

Para determinar la profundidad del corte de sierra para generar la junta de contracción, la guía establece lo siguiente:

Mayor entre: - $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa
- 25mm

$$\frac{1}{4} * 220mm = 55mm$$

ó
25 mm

Se obtiene una profundidad del corte de sierra para la junta de contracción de 55mm.

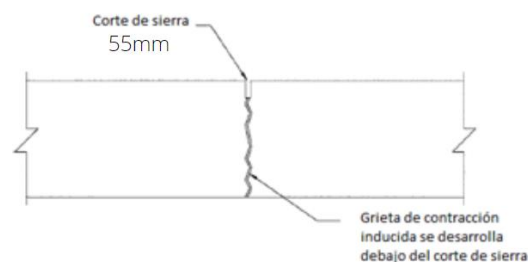


Figura 6: Corte de sierra para junta de contracción (ACI 360, 2016)

Con los datos obtenidos, la **Figura B** muestra la configuración de las juntas de aislamiento y de contracción.

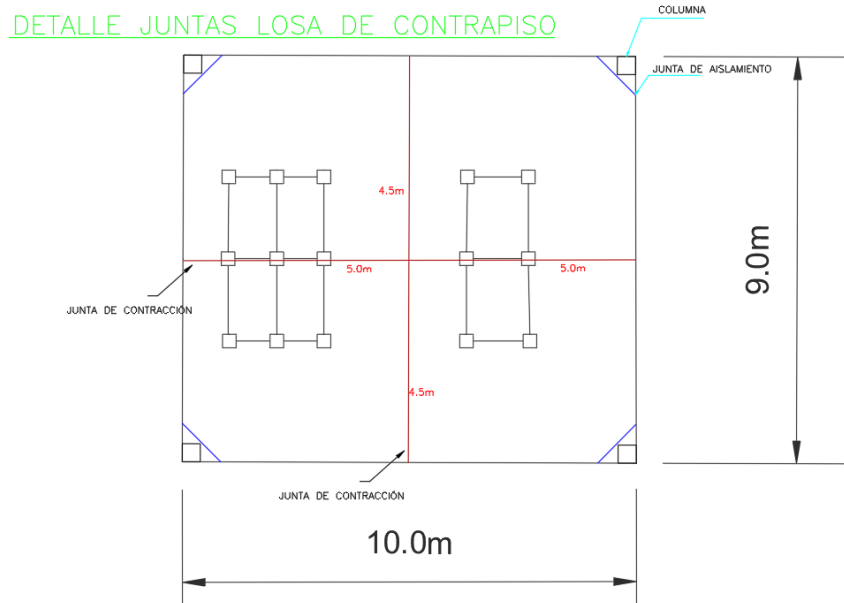


Figura 7: Juntas de aislamiento y de contracción.

La guía establece que se la relación de aspecto entre paneles debe ser máximo de 1.5 a 1, por lo tanto, se determina si esta condición se cumple:

$$\frac{l}{a} \leq 1.5$$

$$\frac{5}{4} \leq 1.5$$

$$1.25 \leq 1.5 \text{ Ok}$$

d) Losa con refuerzo para control de fisuras

Para eliminar las juntas de contracción, se debe colocar mínimo 0.5% de acero del área de la sección transversal de la losa por cada metro cuadrado de la misma.

Por lo tanto:

$$0.5\% * b(mm) * h(mm)$$

$$0.5\% * 1000 * 220mm = 1100mm^2 \text{ por cada metro de losa}$$

Con la tabla 1, se determina el espaciamiento y diámetros de las varillas según la cuantía calculada anteriormente.

Separación (mm)	Diámetro de varilla										
	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36
75	1 047	1 508	2 053	2 681	3 393	4 189	5 068	6 545	8 210	10 723	13 572
90	873	1 257	1 710	2 234	2 827	3 491	4 224	5 454	6 842	8 936	11 310
100	785	1 131	1 539	2 011	2 545	3 142	3 801	4 909	6 158	8 042	10 179
115	683	983	1 339	1 748	2 213	2 732	3 306	4 268	5 354	6 993	8 851
130	604	870	1 184	1 547	1 957	2 417	2 924	3 776	4 737	6 187	7 830
140	561	808	1 100	1 436	1 818	2 244	2 715	3 506	4 398	5 745	7 271
150	524	754	1 026	1 340	1 696	2 094	2 534	3 272	4 105	5 362	6 786
165	476	685	933	1 219	1 542	1 904	2 304	2 975	3 732	4 874	6 169
180	436	628	855	1 117	1 414	1 745	2 112	2 727	3 421	4 468	5 655
190	413	595	810	1 058	1 339	1 653	2 001	2 584	3 241	4 233	5 357
200	393	565	770	1 005	1 272	1 571	1 901	2 454	3 079	4 021	5 089
225	349	503	684	894	1 131	1 396	1 689	2 182	2 737	3 574	4 524
250	314	452	616	804	1 018	1 257	1 521	1 963	2 463	3 217	4 072
300	262	377	513	670	848	1 047	1 267	1 636	2 053	2 681	3 393
325	242	348	474	619	783	967	1 170	1 510	1 895	2 475	3 132
350	224	323	440	574	727	898	1 086	1 402	1 759	2 298	2 908
375	209	302	411	536	679	838	1 014	1 309	1 642	2 145	2 714
400	196	283	385	503	636	785	950	1 227	1 539	2 011	2 545
425	185	266	362	473	599	739	894	1 155	1 449	1 892	2 395
450	175	251	342	447	565	698	845	1 091	1 368	1 787	2 262

Tabla 1: Área de varillas en losas (mm^2/m). Cortesía Juan José Recalde

Se decide utilizar varillas de 20mm con un espaciamiento de 300mm entre ellas. La figura 8 muestra la configuración de las varillas de refuerzo para la losa.

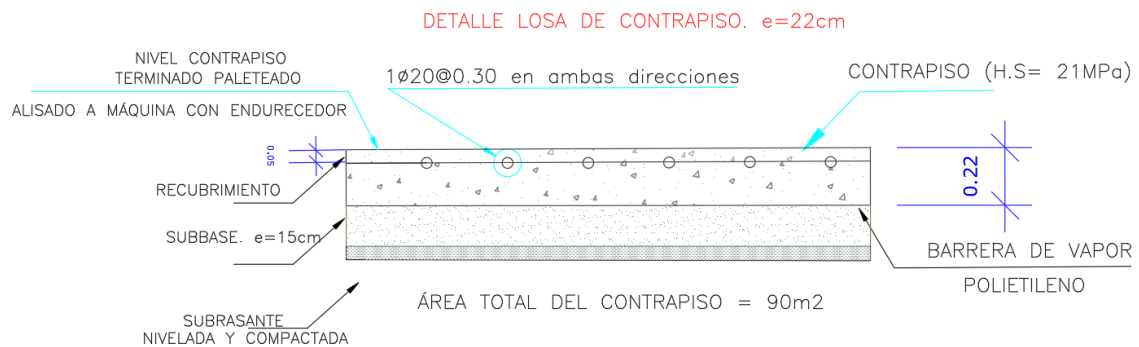


Figura 8: Detalle del contrapiso.

ANEXO D: MÉTODO WRI

Se anexa el método WRI para el cambio de unidades de los nomogramas para un siguiente trabajo de titulación.

Método WRI (Wire Reinforcement Institute)

Este método está diseñado solo para cargas interiores y está basado en un modelo computacional de elementos discretos. La losa se representa por barras rígidas, barras de torsión para la torsión de la placa y juntas elásticas para la flexión de placa. Las variables son el módulo de elasticidad, k , diámetro del área cargada equivalente, distancia entre neumáticos y el esfuerzo.

Cargas de ruedas / vehiculares

Para determinar el espesor de la losa con el método WRI, se debe asumir un espesor, de modo que se determina la rigidez de la losa en relación con la subrasante. Después, se determina el momento en la losa causado por las cargas de los neumáticos y el espesor de la losa. Usar las figuras **Figura 1c**, **Figura 2c** y **Figura 3c**.

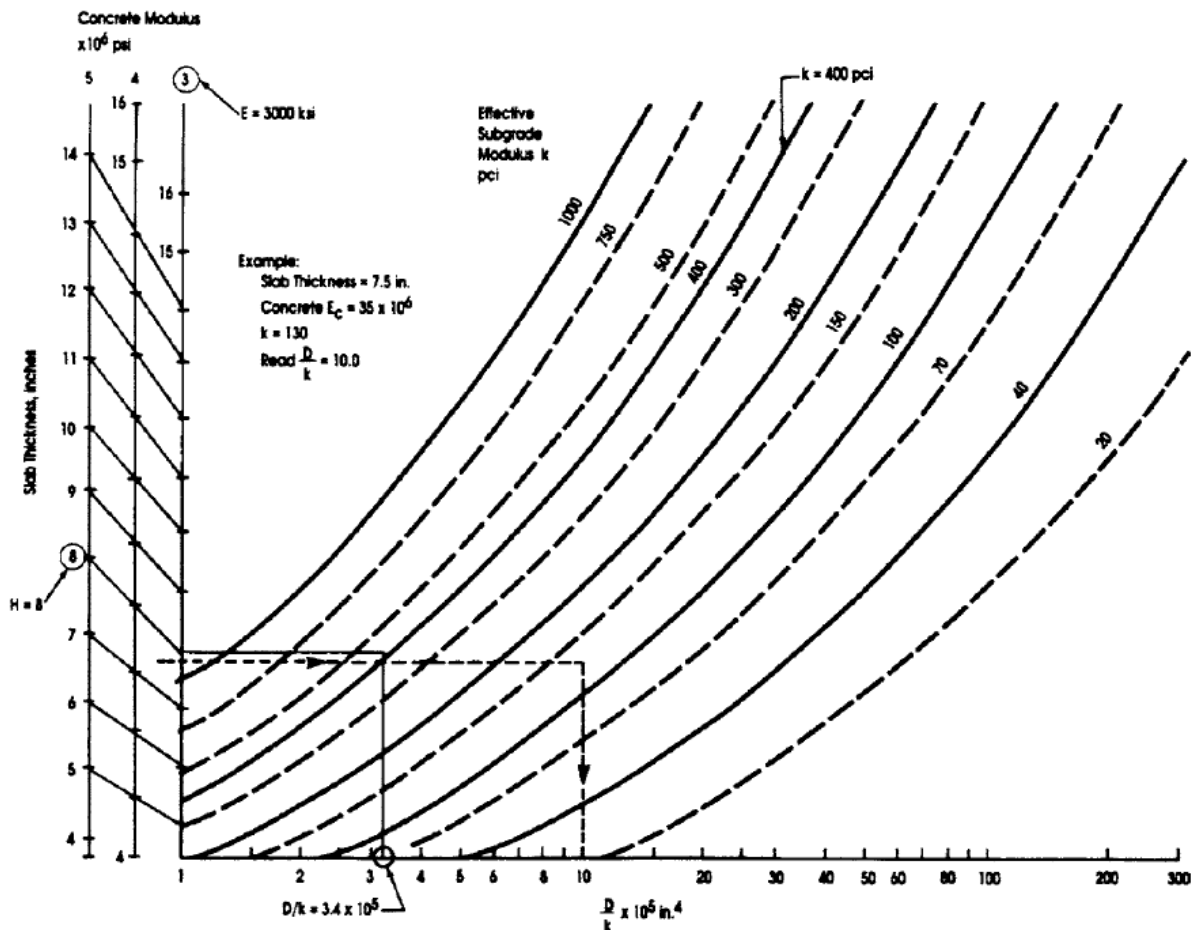


Figura 1C: Relación entre la subrasante y la rigidez de la losa, utilizada con el procedimiento de diseño WRI (ACI 360, 2016)

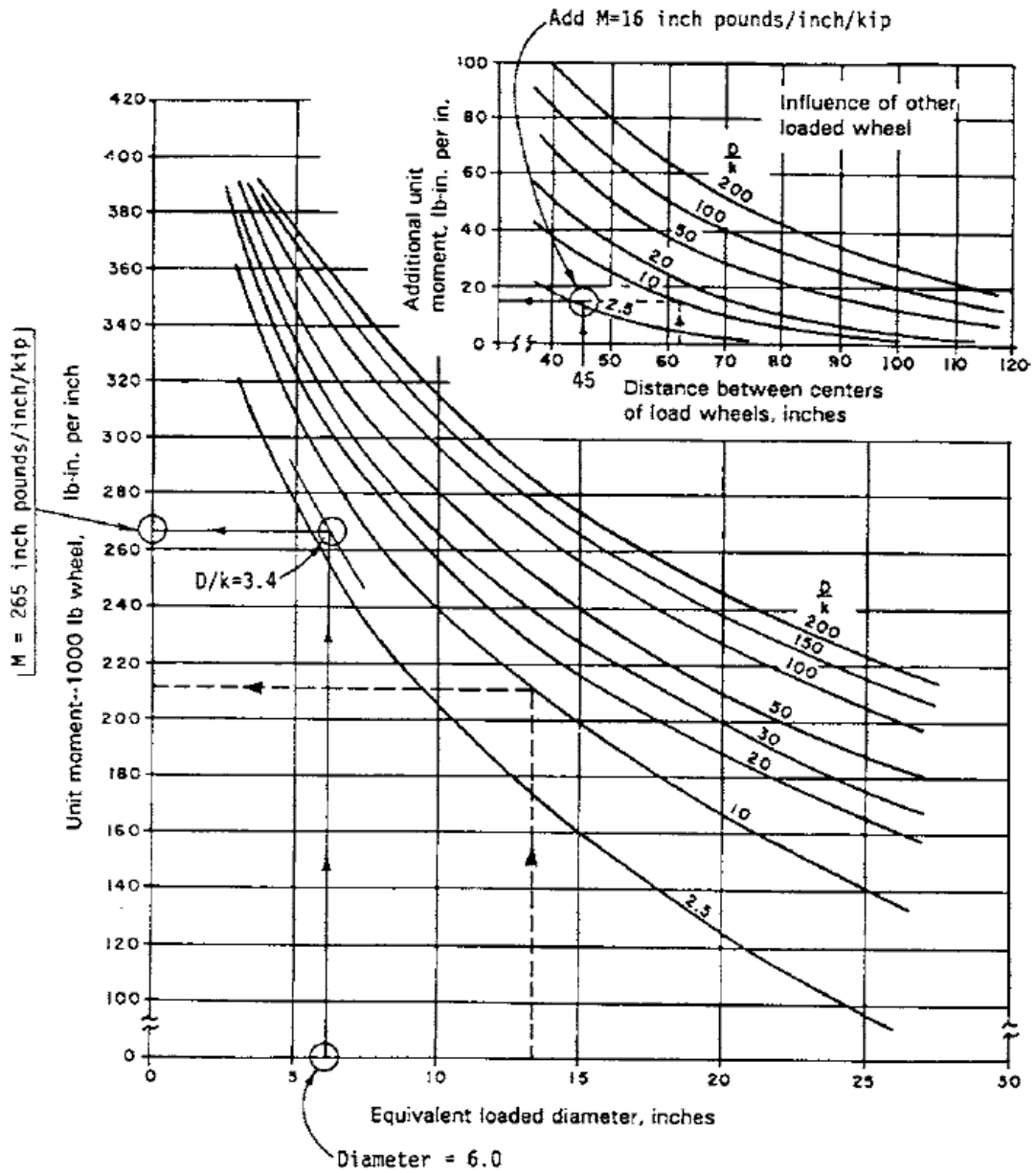


Figura 2C: Gráfico de diseño para cargas vehiculares con el procedimiento WRI (ACI 360, 2016)

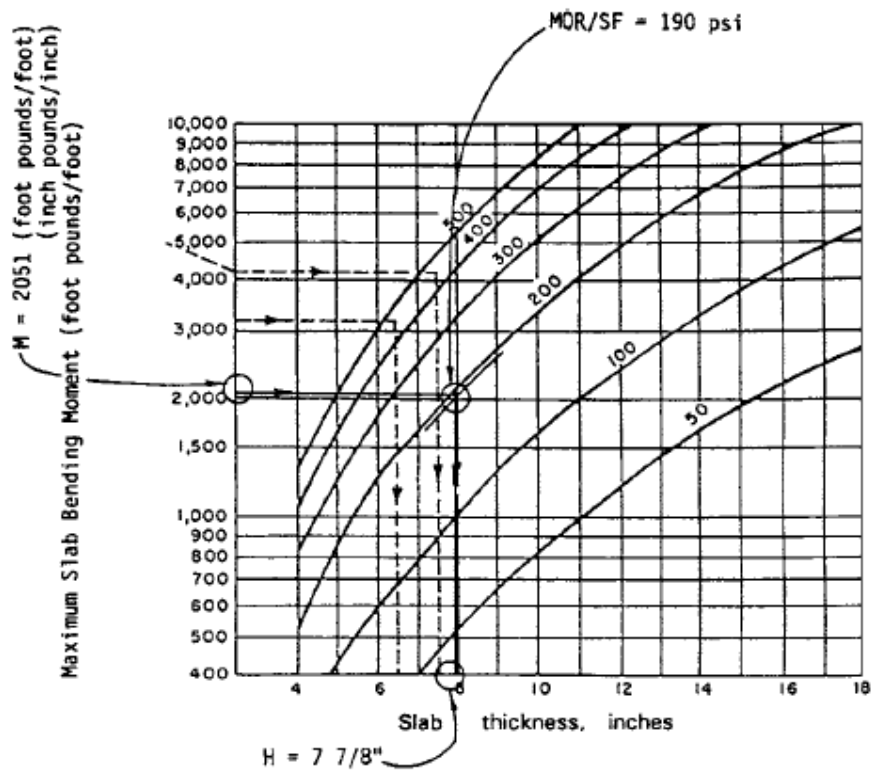


Figura 3C: Tablas de esfuerzos de tracción de losas con el procedimiento de diseño WRI (ACI 360, 2016)

Cargas concentradas

El WRI no aborda directamente las cargas concentradas. Sin embargo, se pueden utilizar los gráficos de la [sección 4.1.2.1](#), ya que es posible determinar una carga de neumático que represente una carga concentrada equivalente.

Cargas uniformes

Utilizar la [Figura 4c](#) para el diseño de espesor de la losa cuando la carga está uniformemente distribuida a ambos lados del corredor. Además de las variables nombradas en la [sección 4.1.2](#), el ancho del corredor y la carga uniforme son variables en este método.

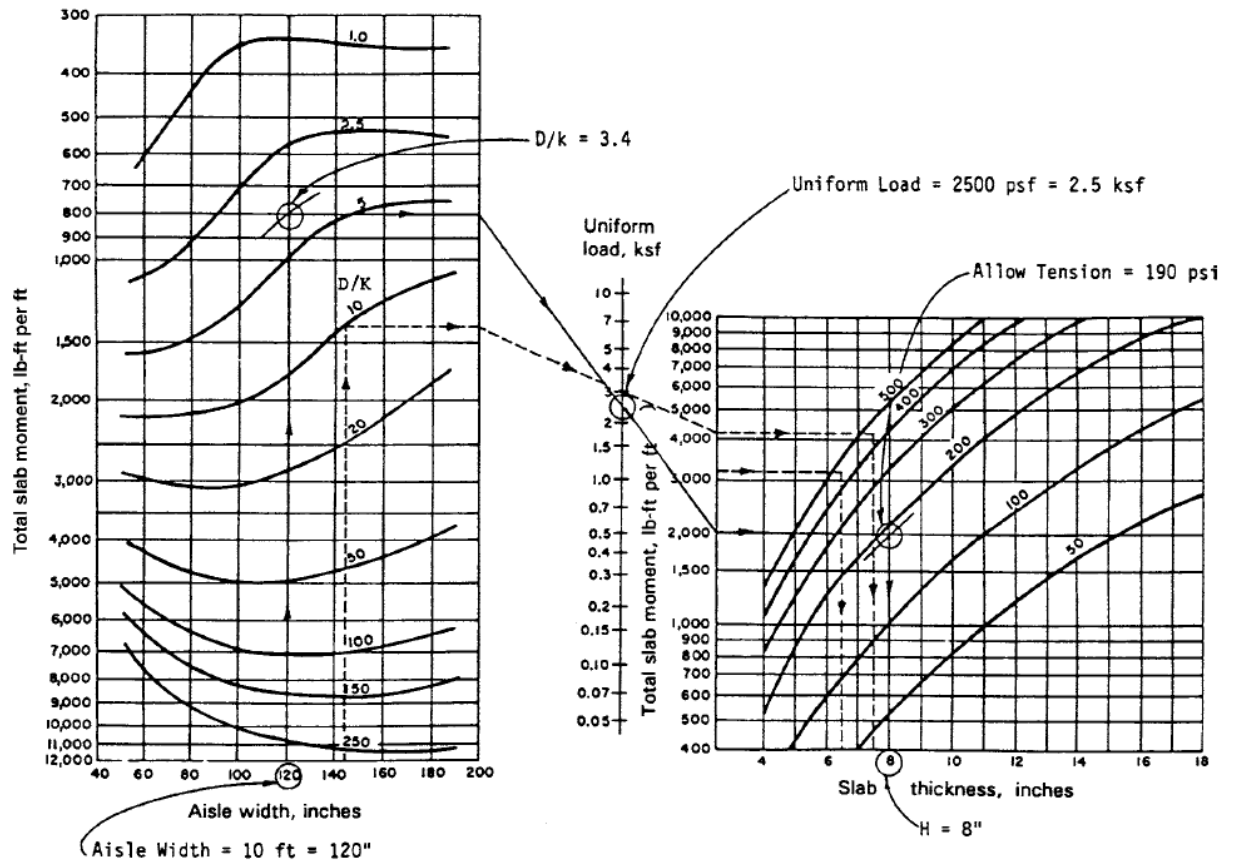


Figura 4C: Diseño de carga uniforme y gráficos de esfuerzo de la losa con el procedimiento de diseño WRI. (ACI 360, 2016)

Cargas de construcción

Las cargas de construcción pueden afectar el diseño del espesor de la losa. Este diseño puede basarse en una carga equivalente expresada en términos de cargas de neumáticos o cargas uniformes.