

Reglamento CIRSOC 804
Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda
Secretaría de Planificación Territorial y
Coordinación de Obra Pública

INTI

Instituto Nacional de
Tecnología Industrial



CIRSOC

Centro de Investigación de los
Reglamentos Nacionales de
Seguridad para las Obras Cíviles



REGLAMENTO ARGENTINO
PARA EL DISEÑO DE
PUENTES CARRETEROS

Tableros y Sistemas de Tableros

Diciembre 2019

**A Discusión
Pública Nacional**

***REGLAMENTO ARGENTINO
PARA EL DISEÑO DE
PUENTES CARRETEROS***

Tableros y Sistemas de Tableros

EDICIÓN DICIEMBRE 2019



**Av. Cabildo 65 Subsuelo – Ala Savio
(C1426AAA) Buenos Aires – República Argentina
TELEFAX. (54 11) 4779-3182 / 3183 / 3184**

**E-mail: cirsoc@inti.gob.ar
cirsoc@fm.gob.ar**

INTERNET: www.inti.gob.ar/cirsoc

Primer Director Técnico (✚ 1980): Ing. Luis María Machado

Directora Técnica: Inga. Marta S. Parmigiani

Área Estructuras de Hormigón: Ing. Daniel A. Ortega

Área Estructuras Sismorresistentes: Ing. Daniel Yañez García

Área Administración, Finanzas y Promoción: Lic. Mónica B. Krotz

Área Diseño, Edición y Publicaciones: Sr. Néstor D. Corti

© 2019

**Editado por INTI
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL
Av. Leandro N. Alem 1067 – 7° piso - Buenos Aires. Tel. 4515-5000**

Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos, reservados. Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor. Impreso en la Argentina.

Printed in Argentina.

ORGANISMOS PROMOTORES

Secretaría de Planificación Territorial y Coordinación de Obra Públicas de la Nación
Secretaría de Vivienda de la Nación
Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Instituto Nacional de Prevención Sísmica
Ministerio de Hacienda, Finanzas y Obras Públicas de la Provincia del Neuquén
Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
Dirección Nacional de Vialidad
Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires
Consejo Vial Federal
Cámara Argentina de la Construcción
Consejo Profesional de Ingeniería Civil
Asociación de Fabricantes de Cemento Pórtland
Instituto Argentino de Normalización
Techint
Acindar – Grupo Arcelor Mittal

MIEMBROS ADHERENTES

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón
Asociación Argentina de Hormigón Estructural
Asociación Argentina de Hormigón Elaborado
Asociación Argentina del Bloque de Hormigón
Asociación de Ingenieros Estructurales
Cámara Industrial de Cerámica Roja
Centro Argentino de Ingenieros
Instituto Argentino de Siderurgia
Transportadora Gas del Sur
Quasdam Ingeniería
Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica
Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires
Cámara Argentina del Aluminio y Metales Afines
Cámara Argentina de Empresas de Fundaciones de Ingeniería Civil
Federación Argentina de la Ingeniería Civil
Consejo Profesional de Agrimensores, Ingenieros y Profesiones Afines de Salta

Reconocimiento Especial

*El INTI-CIRSOC agradece muy especialmente a las Autoridades del American National Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) por habernos permitido adoptar de base para el desarrollo de este Reglamento, la edición 2012 del documento **AASHTO LRFD Bridge Design Specification**.*

ASESORES QUE INTERVINIERON EN LA REDACCIÓN DEL

***REGLAMENTO ARGENTINO
PARA EL DISEÑO DE
PUENTES CARRETEROS***

CIRSOC 804

Tableros y Sistemas de Tableros

***Ing. Francisco Bissio
Ing. Victorio Hernández Balat
Ing. Daniel A. Ortega
Ing. Gustavo Soprano***

El Equipo Redactor contó con la colaboración de los siguientes profesionales:

Ing. Victor Fariña	DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD
Ing. Susana Faustinelli Ing. Guillermo Ferrando Ing. José Giunta Ing. Hugo Echegaray	CONSEJO VIAL FEDERAL
Ing. Diego Cernuschi	DIRECCIÓN DE VIALIDAD DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES
Ing. Máximo Fioravanti	ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA
Ing. Gabriel Troglia	COORDINADOR COMISIÓN PERMANENTE DE ESTRUCTURAS DE ACERO DE INTI-CIRSOC
Ing. Juan José Goldemberg	SOCIEDAD ARGENTINA DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA - SAIG
Ing. Javier Fazio Ing. Tomás del Carril Ing. Rogelio Percivatti Franco Ing. Martín Polimeni	ASOCIACIÓN DE INGENIEROS ESTRUCTURALES - AIE
Ing. Roberto Cudmani Ing. Juan Carlos Reimundín	COORDINADORES DEL REGLAMENTO CIRSOC 102-2005
Ing. Alicia Aragno	INVITADA ESPECIAL

Agradecimiento especial

El INTI-CIRSOC agradece muy especialmente al Ing. Aníbal Barbero su colaboración en la redacción del Capítulo 2, al Ing. Gabriel Troglia por su colaboración en la redacción del Capítulo 3, al Ing. Luciano Sprio Ceres por su colaboración en el desarrollo de las comparaciones que se emplearon para redactar el Capítulo 3 y al Ing. Diego Cernuschi y al Arq. Gustavo Bandel por sus valiosos aportes y colaboración en el desarrollo del Capítulo 13.

Metodología para el envío de observaciones, comentarios y sugerencias a los Proyectos de Capítulos 9, 11 y 14 del Reglamento Argentino para el Diseño de Puentes Carreteros

(10 de diciembre de 2019 - 31 de agosto de 2020)

Las observaciones, comentarios y sugerencias se deberán enviar a la Sede del INTI-CIRSOC, Av. Cabildo 65 - Subsuelo Ala Savio (1426) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, hasta el **31 de agosto de 2020**, siguiendo la metodología que a continuación se describe:

1. Se deberá identificar claramente el Proyecto de Capítulo que se analiza, como así también el artículo y párrafo que se observa.
2. Las observaciones se deberán acompañar de su fundamentación y de una redacción alternativa con el fin de que el coordinador del proyecto observado comprenda claramente el espíritu de la observación.
3. Las observaciones, comentarios y sugerencias deberán presentarse por escrito, firmadas y con aclaración de firma, y deberán enviarse por correo o entregarse en mano. Se solicita detallar Dirección, Tel, Fax, e-mail con el fin de facilitar la comunicación.
4. No se aceptarán observaciones enviadas por fax o e-mail, dado que estos medios no permiten certificar la autenticidad de la firma del autor de la observación.

Confiamos en que este Proyecto le interese y participe activamente.

Gracias

INDICE

CAPÍTULO 9. TABLEROS Y SISTEMAS DE TABLEROS

9.1. CAMPO DE VALIDEZ	1
9.2. DEFINICIONES	1
9.3. SIMBOLOGÍA	5
9.4. REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO	5
9.4.1. Acción en las interfases	5
9.4.2. Drenaje de los tableros	6
9.4.3. Accesorios de hormigón	6
9.4.4. Apoyo de los bordes	6
9.4.5. Encofrados perdidos para aleros	6
9.5. ESTADOS LÍMITE	6
9.5.1. Requisitos generales	6
9.5.2. Estado límite de servicio	6
9.5.3. Estado límite de fatiga y fractura	7
9.5.4. Estados límite de resistencia	7
9.5.5. Estados límite correspondiente a eventos extremos	7
9.6. ANÁLISIS	7
9.6.1. Métodos de análisis	7
9.6.2. Cargas	8
9.7. LOSAS DE TABLERO DE HORMIGÓN	8
9.7.1. Requisitos generales	8
9.7.1.1. Altura y recubrimiento mínimos	8
9.7.1.2. Acción compuesta	8
9.7.1.3. Tableros oblicuos	8
9.7.1.4. Apoyo de los bordes	8
9.7.1.5. Diseño de las losas en voladizo	8
9.7.2. Diseño empírico	9
9.7.2.1. Requisitos generales	9
9.7.2.2. Aplicación	9
9.7.2.3. Longitud efectiva	9
9.7.2.4. Condiciones de diseño	10
9.7.2.5. Requisitos de armadura	11
9.7.2.6. Tableros con encofrados perdidos	11
9.7.3. Diseño tradicional	12
9.7.3.1. Requisitos generales	12

9.7.3.2. Armadura de distribución	12
9.7.4. Encofrados perdidos	12
9.7.4.1. Requisitos generales	12
9.7.4.2. Encofrados de acero	13
9.7.4.3. Encofrados de hormigón	13
9.7.4.3.1. Altura	13
9.7.4.3.2. Armadura	13
9.7.4.3.3. Control de fluencia lenta y contracción	13
9.7.4.3.4. Material de apoyo para los paneles	13
9.7.5. Losas de tablero prefabricadas sobre vigas	14
9.7.5.1. Requisitos generales	14
9.7.5.2. Tableros prefabricados unidos transversalmente	14
9.7.5.3. Tableros prefabricados postensados longitudinalmente	14
9.7.6. Losas de tablero en construcciones por dovelas	14
9.7.6.1. Requisitos generales	14
9.7.6.2. Juntas en el tablero	14
 9.8. TABLEROS METÁLICOS	 15
9.8.1. Requisitos generales	15
9.8.2. Tableros de emparrillado metálico	15
9.8.2.1. Requisitos generales	15
9.8.2.2. Pisos de emparrillado abierto	15
9.8.2.3. Tableros de emparrillado con vanos llenos y parcialmente llenos	16
9.8.2.3.1. Requisitos generales	16
9.8.2.3.2. Requisitos de diseño	16
9.8.2.3.3. Estado límite de fatiga y fractura	16
9.8.2.4. Tableros de emparrillado con vanos no llenos compuestos con losas de hormigón armado	17
9.8.2.4.1. Requisitos generales	17
9.8.2.4.2. Diseño	17
9.8.2.4.3. Estado límite de fatiga	17
9.8.3. Tableros ortótropos de acero	18
9.8.3.1. Requisitos generales	18
9.8.3.2. Distribución de las cargas de rueda	18
9.8.3.3. Superficie de rodamiento	18
9.8.3.4. Análisis de tableros ortótropos	19
9.8.3.4.1. Requisitos generales	19
9.8.3.4.2. Nivel 1 de diseño	19
9.8.3.4.3. Nivel 2 de diseño	19
9.8.3.4.3a. Requisitos generales	19
9.8.3.4.3b. Tableros con nervios abiertos	19
9.8.3.4.3c. Tableros con nervios cerrados	20
9.8.3.4.4. Nivel 3 de diseño	20
9.8.3.5. Diseño	21
9.8.3.5.1. Superposición de efectos locales y globales	21
9.8.3.5.2. Estados límite	21
9.8.3.5.2a. Requisitos generales	21
9.8.3.5.2b. Estado límite de servicio	21
9.8.3.5.2c. Estado límite de resistencia	21
9.8.3.5.2d. Estado límite de fatiga	21
9.8.3.6. Requisitos de detalle	22
9.8.3.6.1. Espesor mínimo de la placa	22
9.8.3.6.2. Nervios cerrados	22

9.8.3.6.3. Soldadura de tableros ortótropos	22
9.8.3.6.4. Detalles de tableros y nervios	22
9.8.4. Tableros ortótropos de aluminio	23
9.8.5. Tableros de metal corrugado	23
9.8.5.1. Requisitos generales	23
9.8.5.2. Distribución de las cargas de rueda	23
9.8.5.3. Acción compuesta	23
9.9. TABLEROS DE MADERA	24

CAPÍTULO 9. TABLEROS Y SISTEMAS DE TABLEROS

9.1. CAMPO DE VALIDEZ

Este Capítulo contiene requisitos para el análisis y diseño de tableros y sistemas de tableros de puentes de hormigón, metálicos, o de combinaciones de dichos materiales, sujetos a cargas gravitatorias.

Para los tableros de hormigón monolítico que satisfagan ciertas condiciones específicas, se permite un diseño empírico que no requiere análisis.

Se recomienda continuidad entre el tablero y los elementos que lo soportan.

Siempre que sea técnicamente posible se requiere la acción compuesta entre el tablero y los elementos que lo soportan.

9.2. DEFINICIONES

Accesorios de tablero (“Appurtenance”): Cordones, parapetos, barandas, barreras, divisores, y postes de iluminación y señalización unidos al tablero.

Acción compuesta (“Composite action”): Condición en la cual se hace que dos o más elementos o componentes actúen de forma conjunta, impidiendo el movimiento relativo en la interfase entre ambos.

Acción compuesta interna (“Internal composite action”): Interacción entre un tablero y una sobrecapa estructural.

Acción compuesta parcial (“Partial composite action”): Condición en la cual se hace que dos o más elementos o componentes actúen de forma conjunta disminuyendo, pero no eliminando, el movimiento relativo en la interfase entre ambos, o cuando los elementos conectados son demasiado flexibles para desarrollar plenamente la acción compuesta del tablero.

Acción de pórtico (“Frame action”): Continuidad transversal entre el tablero y las almas de una sección transversal celular o entre el tablero y los componentes primarios en los puentes de grandes dimensiones.

Altura del núcleo (“Core depth”): Distancia entre la parte superior de la armadura superior y la parte inferior de la armadura inferior de una losa de hormigón.

Análisis local (“Local analysis”): Estudio en profundidad de las tensiones y deformaciones en o entre componentes utilizando las solicitaciones obtenidas de un análisis global.

Análisis por líneas de fluencia (“Yield line analysis”): Método para determinar la capacidad de carga de un elemento en base a la formación de un mecanismo.

Ángulo de oblicuidad (“Skew angle”): Ángulo que forma el eje de un apoyo con una línea normal al eje longitudinal del puente, es decir, un ángulo de oblicuidad de 0° indica que se trata de un puente rectangular.

Armadura isótropa (“Isotropic reinforcement”): Dos capas idénticas de armadura, perpendiculares y en contacto entre sí.

Carga de rueda (“Wheel load”): La mitad de la carga de eje de diseño especificada.

Collar (“Bolster”): Separador entre un tablero metálico y una viga.

Compatibilidad (“Compatibility”): Igualdad de deformación en la interfase entre elementos y/o componentes unidos entre sí.

Componente (“Component”): Elemento estructural o combinación de elementos estructurales que requiere consideraciones de diseño individuales.

Conector de corte (“Shear connector”): Dispositivo estructural que impide los movimientos relativos tanto normales como paralelos a una interfase.

Construcción por dovelas (“Segmental construction”): Método de construcción de puentes en el cual se utilizan dovelas de hormigón conjugadas, prefabricadas, u hormigonadas in situ y unidas entre sí mediante postensado longitudinal.

Continuidad (“Continuity”): En los tableros, tanto en continuidad estructural como en la capacidad de impedir la penetración de agua sin la ayuda de elementos no estructurales.

Continuidad a corte (“Shear continuity”): Condición en la cual se transmite corte y desplazamiento entre diferentes componentes, o dentro de un mismo componente.

Continuidad flexional (“Flexural continuity”): Capacidad de transmitir momento y rotación entre diferentes elementos, o dentro de un mismo elemento.

Dirección primaria (“Primary direction”): En los tableros isótropos: dirección de la luz más corta; en los tableros ortótropos: dirección de los elementos portantes principales.

Dirección secundaria (“Secondary direction”): Dirección normal a la dirección primaria.

Efecto de arco (“Arching action”): Fenómeno estructural según el cual las cargas de rueda se transmiten fundamentalmente mediante bielas comprimidas que se forman en la losa.

Elástico/a (“Elastic”): Respuesta estructural en la cual la tensión es directamente proporcional a la deformación y no hay deformación residual luego de retirar las cargas.

Encofrados perdidos (“Stay-in-place formwork”): Encofrados permanentes metálicos o de hormigón prefabricado que permanecen en su lugar una vez terminada la construcción.

Equilibrio (“Equilibrium”): Estado en el cual la sumatoria de fuerzas paralela a cualquiera de los ejes y la sumatoria de los momentos respecto de cualquier eje espacial son iguales a cero.

Espesor neto (“Net depth”): Espesor del hormigón, excluyendo el hormigón colocado en las corrugaciones de un encofrado metálico.

Extremo (“Extreme”): Máximo o mínimo.

Faja equivalente (“Equivalent strip”): Elemento lineal artificial que se aísla de un tablero para fines de cálculo, en el cual las solicitaciones extremas calculadas para una línea de cargas de rueda, ya sea transversal o longitudinal, se aproximarán a las solicitaciones que realmente ocurren en el tablero.

Fijación (“Tie-down”): Dispositivo estructural que impide el movimiento relativo normal a una interfase.

Huella (“Footprint”): Área de contacto especificada entre una rueda y la superficie de la calzada.

Inelástico/a (“Inelastic”): Respuesta estructural en la cual la tensión no es directamente proporcional a la deformación y queda deformación residual luego de retirar las cargas.

Interfase (“Interface”): Ubicación donde están en contacto dos elementos y/o componentes.

Junta de cierre (“Closure joint”): Relleno de hormigón colocado in situ entre elementos prefabricados, con el objeto de proveer continuidad.

Junta de tablero (“Deck joint”): Interrupción total o parcial del tablero para permitir el movimiento relativo, evitando el paso de materiales no deseados, entre diferentes partes de una estructura.

Lateral (“Lateral”): Cualquier dirección horizontal o próxima a la horizontal.

Línea de fluencia (“Yield line”): Línea de rotulación plástica.

Llave de corte (“Shear key”): Hueco preformado en el lateral de un elemento prefabricado que se llena con mortero, o un sistema de depresiones y salientes que encastran las unas en las otras en la cara de las dovelas, y cuyo objetivo es proporcionar continuidad al corte entre los componentes.

Longitud efectiva (“Effective length”): Longitud de tramo utilizada en el diseño empírico de losas de hormigón definido en el artículo 9.7.2.3.

Luz de diseño (“Design span”): Para los tableros, distancia entre los centros de los elementos de apoyo adyacentes, considerada en la dirección principal.

Luz libre (“Clear span”): Distancia entre las caras de los elementos de apoyo.

Método de líneas de fluencia (“Yield line method”): Método de análisis para losas de hormigón en el cual se analizan varios patrones posibles de líneas de fluencia con el objetivo de determinar la menor carga compatible con un mecanismo de colapso.

Nervio abierto (“Open rib”): Nervio de un tablero ortótropo que consiste de una sola placa o sección laminada soldada a la placa del tablero.

Nervio cerrado (“Closed rib”): Nervio de un tablero ortótropo que consiste en una placa que forma una canaleta, soldada a la placa del tablero a lo largo de ambos lados del nervio.

Piso de emparrillado abierto (“Open grid floor”): Piso de emparrillado metálico que no tiene relleno ni recubrimiento de hormigón.

Placa isótropa (“Isotropic plate”): Placa que tiene propiedades estructurales idénticas en las dos direcciones principales.

Placa ortótropa (“Orthotropic plate”): Placa que tiene propiedades estructurales diferentes en las dos direcciones principales.

Posición determinante (“Governing position”): Ubicación y orientación de una carga transitoria que genera las solicitaciones extremas.

Rango de tensión (“Stress range”): Diferencia algebraica entre las tensiones extremas.

Rueda (“Wheel”): Neumático o par de neumáticos en el extremo de un mismo eje.

Separación (“Spacing”): Distancia centro a centro de los elementos o componentes, como por ejemplo distancia entre los centros de las barras de armadura, vigas, apoyos, etc.

Sistema de tablero (“Deck system”): Superestructura en la cual el tablero es integral con los componentes que lo soportan, o superestructura en la cual la deformación de los componentes de apoyo afecta significativamente el comportamiento del tablero.

Sobrecapa de relleno (“Overfill”): Hormigón que se coloca sobre la parte superior del emparrillado metálico de un sistema de tablero de emparrillado metálico, con sus vanos llenos o parcialmente llenos.

Sobrecapa estructural (“Structural overlay”): Sobrecapa adherida al tablero que consiste de hormigones no asfálticos.

Superficie de rodamiento (“Wearing surface”): Sobrecapa o capa de sacrificio que se coloca sobre el tablero estructural para protegerlo contra el desgaste, las sales y los efectos ambientales. La sobrecapa puede incluir impermeabilización.

Tablero (“Deck”): Componente, con o sin superficie de rodamiento, que soporta las cargas de rueda en forma directa y es soportado por otros componentes.

Tablero aligerado (“Voided deck”): Tablero de hormigón en el cual el área de los vacíos no representa más del 40 por ciento del área bruta.

Tablero celular (“Cellular deck”): Tablero de hormigón cuya relación de vacíos es superior al 40 por ciento.

Tándem (“Tandem”): Dos ejes poco separados y de igual peso interconectados mecánicamente.

Vacío (“Void”): Discontinuidad interna del tablero que reduce su peso propio.

Viga de tablero (“Floorbeam”): Nombre generalmente utilizado para designar las vigas transversales.

9.3. SIMBOLOGÍA

<i>a</i>	Mayor de las separaciones entre las almas de los nervios (9.8.3.6.2), en m.
<i>c</i>	Profundidad del recorte inferior para acomodar un nervio en un tablero ortótropo (9.8.3.6.4), en m.
<i>d</i>	Altura efectiva: distancia entre la fibra extrema comprimida y el centro de gravedad de la armadura de tracción (C 9.7.2.5), en m.
<i>e</i>	Separación libre entre nervios cerrados en un tablero metálico ortótropo (9.8.3.6.4), en m.
<i>f_r</i>	Esfuerzos de flexión fuera del plano en las almas de los nervios (C 9.8.3.6.2), en kN/m ² .
<i>h'</i>	Longitud de la parte inclinada del alma del nervio (9.8.3.6.2), en m.
<i>k</i>	Factor que representa una distribución del momento flexor a lo largo del nervio (C 9.8.3.6.2).
<i>L</i>	Longitud del tramo considerada entre centros de los apoyos (9.5.2), en m.
<i>q</i>	Intensidad de la carga (C 9.8.3.6.2), en kN/m ² .
<i>S</i>	Longitud efectiva de tramo (9.7.3.2), en m.
<i>t</i>	Espesor de la losa o placa (9.8.3.6.1), en m.
<i>t_{d, eff}</i>	Altura efectiva de la placa de tablero, incluyendo el efecto rigidizador del acabado superficial (9.8.3.6.2), en m.
<i>t_r</i>	Espesor del alma del nervio (9.8.3.6.2), en m.

9.4. REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO

9.4.1. Acción en las interfaces

Excepto en el caso de pisos consistentes en emparrillados abiertos, los tableros se deberán hacer compuestos con los elementos que los soportan, a menos que existan razones de peso que indiquen lo contrario. Los tableros no compuestos deberán estar conectados a los elementos que los soportan para evitar la separación vertical.

Los conectores de corte y demás conexiones entre tableros, excepto los pisos consistentes en emparrillados abiertos, y los elementos que lo soportan se deberán diseñar para las solicitaciones calculadas considerando acción compuesta plena, ya sea que al dimensionar los elementos primarios se considere o no dicha acción compuesta. Los detalles que permitirán transmitir el corte a través de la interfase a elementos de

apoyo metálicos deberán satisfacer los requisitos aplicables del artículo 6.6 del Reglamento CIRSOC 803 (en preparación).

Se deberán considerar las solicitudes entre el tablero y los accesorios del tablero u otros componentes.

9.4.2. Drenaje de los tableros

Excepto en el caso de los tableros consistentes en emparrillados metálicos no llenos, la superficie del tablero deberá tener pendientes transversales y longitudinales de acuerdo con lo especificado en el artículo 2.6.6 del Reglamento CIRSOC 801.

En el diseño de los tableros se deberán considerar los efectos estructurales de las aberturas para drenaje.

9.4.3. Accesorios de hormigón

A menos que el Propietario especifique lo contrario, los cordones, parapetos, barreras, y divisorias de hormigón deberán ser estructuralmente continuos. La consideración de su contribución estructural al tablero se debe limitar de acuerdo con los requisitos del artículo 9.5.1.

9.4.4. Apoyo de los bordes

A menos que el tablero se diseñe para soportar las cargas de rueda en posiciones extremas con respecto a sus bordes, se deberán proveer apoyos en los bordes. Las vigas de borde no integrales deberán satisfacer los requisitos del artículo 9.7.1.4.

9.4.5. Encofrados perdidos para aleros

En los voladizos de tableros de hormigón no se deben utilizar encofrados perdidos, excepto en el caso de tableros metálicos con vanos llenos.

9.5. ESTADOS LÍMITE

9.5.1. Requisitos generales

La contribución estructural aportada al tablero por un accesorio de hormigón se puede considerar para los estados límite de servicio y fatiga, pero no para los estados límite de resistencia ni correspondientes a eventos extremos.

Excepto para los voladizos del tablero, si se satisfacen las condiciones especificadas en el artículo 9.7.2, se puede suponer que el tablero de hormigón satisface los requisitos para los estados límite de servicio, fatiga y fractura, y no será necesario que satisfaga los demás requisitos del artículo 9.5.

9.5.2. Estado límite de servicio

En los estados límite de servicio, los tableros y sistemas de tableros se deberán analizar como estructuras totalmente elásticas y se deberán diseñar y detallar para satisfacer los requisitos de los Capítulos 5 y 6 de los Reglamentos CIRSOC 802 y CIRSOC 803 (en preparación), respectivamente.

Para tableros de emparrillado metálico y otros tableros de puente metálicos y de hormigón livianos se deberán considerar los efectos de la deformación excesiva del tablero, incluyendo la flecha. Para estos sistemas de tablero, la flecha generada por la sobrecarga más el incremento por carga dinámica no deberá ser mayor a los siguientes criterios:

- **$L/800$** en el caso de tableros sin tránsito peatonal,
- **$L/1000$** en el caso de tableros con tránsito peatonal limitado, y
- **$L/1200$** en el caso de tableros con tránsito peatonal significativo.

donde:

L longitud de tramo entre centros de los apoyos

9.5.3. Estado límite de fatiga y fractura

No será necesario analizar la fatiga para el caso de tableros de hormigón.

Los tableros de emparrillado abierto, emparrillados llenos, parcialmente llenos y emparrillados no llenos, compuestos con losas de hormigón armado, deberán satisfacer los requisitos de los artículos 4.6.2.1 del Reglamento CIRSOC 801, 6.5.3 del Reglamento CIRSOC 803 (en preparación) y 9.8.2.

Los tableros ortótropos de acero deberán satisfacer los requisitos del artículo 6.5.3 del Reglamento CIRSOC 803 (en preparación).

Los tableros de hormigón, distintos de aquellos utilizados en aplicaciones multiviga, se deberán analizar para los estados límite de fatiga como se especifica en el artículo 5.5.3 del Reglamento CIRSOC 802.

9.5.4. Estados límite de resistencia

En los estados límite de resistencia, los tableros y sistemas de tablero se pueden analizar ya sea como estructuras elásticas o como estructuras inelásticas, y se deberán diseñar y detallar para satisfacer los requisitos de los Capítulos 5 y 6 de los Reglamentos CIRSOC 802 y CIRSOC 803 (en preparación), respectivamente.

9.5.5. Estados límite correspondiente a eventos extremos

Los tableros se deberán diseñar para las solicitaciones transmitidas por el tránsito y las defensas combinadas utilizando las cargas, procedimientos de análisis, y estados límite especificados en el Capítulo 13. Para satisfacer este requisito se pueden utilizar ensayos de aceptación que satisfagan el Capítulo 13.

9.6. ANÁLISIS

9.6.1. Métodos de análisis

Para los diferentes estados límite estará permitido utilizar los métodos de análisis elástico aproximados especificados en el artículo 4.6.2.1 del Reglamento CIRSOC 801, los

métodos refinados especificados en el artículo 4.6.3.2 del Reglamento CIRSOC 801, o el método de diseño empírico para losas de hormigón especificado en el artículo 9.7, de acuerdo con lo permitido por el artículo 9.5.

9.6.2. Cargas

Las cargas, la posición de las cargas, el área de contacto de las ruedas y las combinaciones de cargas deberán ser como se especifica en los requisitos del Capítulo 3 del Reglamento CIRSOC 801.

9.7. LOSAS DE TABLERO DE HORMIGÓN

9.7.1. Requisitos generales

9.7.1.1. Altura y recubrimiento mínimos

A menos que el Propietario apruebe una altura menor, la altura de un tablero de hormigón, excluyendo cualquier tolerancia para pulido, texturizado, o superficie sacrificable, deberá ser mayor o igual que **0,18 m**.

El recubrimiento mínimo deberá satisfacer los requisitos del artículo 5.12.3 del Reglamento CIRSOC 802.

9.7.1.2. Acción compuesta

Los conectores de corte se deberán diseñar de acuerdo con los requisitos del Capítulo 5 del Reglamento CIRSOC 802 en el caso de vigas de hormigón, y de acuerdo con los requisitos del Capítulo 6 del Reglamento CIRSOC 803 (en preparación) en el caso de vigas metálicas.

9.7.1.3. Tableros oblicuos

Si el ángulo de oblicuidad del tablero es menor o igual a **25°**, la armadura principal se puede disponer en dirección de la oblicuidad; en caso contrario, esta armadura se deberá colocar de forma perpendicular a los elementos de apoyo principales.

9.7.1.4. Apoyo de los bordes

A menos que se especifique lo contrario, en las líneas de discontinuidad, el borde del tablero deberá estar reforzado o soportado ya sea por una viga u otro elemento lineal. La viga o elemento deberá estar integrado o actuar de forma compuesta con el tablero. Las vigas de borde se pueden diseñar como vigas cuyo ancho se puede tomar como el ancho efectivo del tablero especificado en el artículo 4.6.2.1.4 del Reglamento CIRSOC 801.

Si la dirección principal del tablero es transversal, y/o si el tablero actúa de forma compuesta con una barrera de hormigón estructuralmente continua, no será necesario proveer de viga de borde adicional.

9.7.1.5. Diseño de las losas en voladizo

La parte del tablero en voladizo se deberá diseñar para las cargas de impacto sobre las barandas de acuerdo con los requisitos del artículo 3.6.1.3.4 del Reglamento CIRSOC 801.

Se deberán analizar los efectos del punzonamiento, debidos a las cargas de colisión de vehículos, en la base exterior de los postes de defensas o barreras.

9.7.2. Diseño empírico

9.7.2.1. Requisitos generales

Los requisitos del artículo 9.7.2 se refieren exclusivamente al procedimiento de diseño empírico para losas de tablero de hormigón soportadas por componentes longitudinales, y no se deberán aplicar a ningún otro artículo del presente Capítulo a menos que esto se permita expresamente.

En las estructuras continuas las barras longitudinales de la armadura isótropa pueden contribuir a resistir los momentos negativos de los apoyos internos.

9.7.2.2. Aplicación

El diseño empírico para tableros de hormigón armado se puede utilizar solamente si se satisfacen las condiciones establecidas en el artículo 9.7.2.4.

Los requisitos del presente artículo no se deberán aplicar a los voladizos del tablero.

El voladizo del tablero se debe diseñar para:

- Las cargas de rueda, en el caso de tableros con defensas y barreras discontinuas, utilizando el método de las fajas equivalentes.
- La carga lineal equivalente, en el caso de tableros con barreras continuas, como se especifica en el artículo 3.6.1.3.4 del Reglamento CIRSOC 801, y
- Las cargas de colisión (o impacto), utilizando un mecanismo de falla tal como se describe en el artículo A13.2.

9.7.2.3. Longitud efectiva

A los fines del método de diseño empírico, la longitud efectiva de una losa se deberá considerar de la siguiente manera:

- Para losas construidas en forma monolítica con muros o vigas: distancia entre cara y cara, y
- Para losas apoyadas sobre vigas metálicas o de hormigón: distancia entre los extremos de las alas, más el vuelo de las alas, considerada como la distancia entre el extremo del ala y la cara del alma, despreciando los chaflanes.

Si los componentes de apoyo no están uniformemente separados, la longitud efectiva, **$L_{efectiva}$** , se deberá tomar como la mayor de las longitudes del tablero en las dos ubicaciones ilustradas en la Figura 9.7.2.3-1.

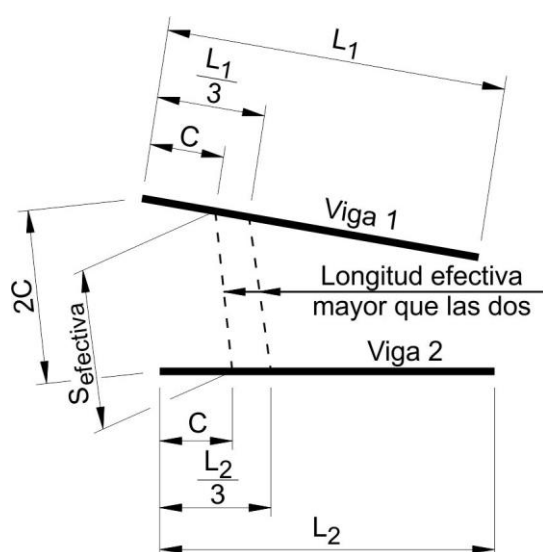


Figura 9.7.2.3-1. Longitud efectiva para el caso de vigas que no están uniformemente separadas

9.7.2.4. Condiciones de diseño

A los fines del presente artículo, la altura de diseño de la losa deberá excluir la pérdida que se anticipa se producirá como resultado del pulido, texturado, o desgaste.

El procedimiento de diseño empírico solamente se podrá utilizar si se satisfacen las siguientes condiciones:

- En la totalidad de la sección transversal se utilizan pórticos transversales o diafragmas en las líneas de apoyo;
- Para la sección transversal que involucra unidades torsionalmente rígidas, tales como las vigas cajón separadas individualmente, se proveen diafragmas intermedios entre los cajones con una separación no mayor a **8,00 m** o bien, se analiza la necesidad de disponer armadura suplementaria sobre las almas para acomodar la flexión transversal entre los cajones y, en caso de ser necesaria, se la provee;
- Los componentes de apoyo son de hormigón y/o acero;
- El tablero es hormigonado totalmente in situ y se cura con agua;
- La altura del tablero es uniforme, con la excepción de los acartelamientos en las alas de las vigas y otros aumentos de espesor localizados;
- La relación entre la longitud efectiva y la altura de diseño es menor o igual a **18,0** y mayor o igual a **6,0**;
- La altura del núcleo de la losa es mayor o igual a **0,10 m**;
- La longitud efectiva, de acuerdo con lo especificado en el artículo 9.7.2.3, es menor o igual a **4,10 m**;

- La mínima altura de la losa es mayor o igual a **0,18 m**, excluyendo la superficie de rodamiento sacrificable cuando corresponda;
- Más allá del eje de la viga exterior la losa tiene un voladizo, como mínimo, igual a **5,0 veces** la altura de la losa; esta condición se satisface si el voladizo es, como mínimo, igual a **3,0 veces** la altura de la losa y hay una barrera de hormigón estructuralmente continua actuando de forma compuesta con el voladizo;
- La resistencia a la compresión especificada a **28 días** del hormigón del tablero es mayor o igual a **30 MPa**; y
- El tablero trabaja de forma compuesta con los componentes estructurales sobre los cuales se apoya.

Para los propósitos del presente artículo, en la región de momento negativo de las superestructuras continuas de acero se deberán proveer como mínimo dos conectores de corte con una separación entre centros de **0,60 m**. También se deberán satisfacer los requisitos del artículo 6.10.1.1 del Reglamento CIRSOC 803 (en preparación). En el caso de las vigas de hormigón, el uso de estribos que se extiendan hacia el interior del tablero se considerará suficiente para satisfacer este requisito.

9.7.2.5. Requisitos de armadura

En las losas diseñadas empíricamente se deberán disponer cuatro capas de armadura isótropa. La armadura se deberá ubicar tan próxima a las superficies exteriores como lo permitan los requisitos de recubrimiento. Se deberá proveer armadura en cada cara de la losa, con las capas más externas ubicadas en la dirección de la longitud efectiva. La mínima cantidad de armadura será de **$5,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m}$ ($5,7 \text{ cm}^2/\text{m}$)** de acero para cada capa inferior y de **$3,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m}$ ($3,8 \text{ cm}^2/\text{m}$)** de acero para cada capa superior. La separación del acero deberá ser menor o igual que **0,45 m**. Las armaduras deberán ser de acero **ADN 420** o superior. Toda la armadura deberá consistir de barras rectas, excepto los ganchos que se podrán proveer donde sean requeridos.

Estará permitido utilizar tanto empalme por yuxtaposición como mecánico. Los empalmes mecánicos deberán ser ensayados y aprobados, satisfaciendo los límites de deslizamiento del artículo 5.11.5.2.2 del Reglamento CIRSOC 802, Conexiones mecánicas, y los requisitos de fatiga del artículo 5.5.3.4 del Reglamento CIRSOC 802, Empalmes mecánicos o soldados en las armaduras. No estará permitido utilizar acoples tipo cuña con camisa en las armaduras revestidas.

Si el ángulo de oblicuidad es mayor que **25°**, la armadura especificada en ambas direcciones se deberá duplicar en las zonas extremas del tablero. Cada zona de un extremo se deberá considerar como una distancia longitudinal igual a la longitud efectiva de la losa especificada en el artículo 9.7.2.3.

9.7.2.6. Tableros con encofrados perdidos

Para los tableros realizados con encofrados de metal corrugado, se deberá suponer que la altura de diseño de la losa es igual al mínimo espesor de hormigón.

No está permitido utilizar encofrados perdidos de hormigón si se utiliza el método de diseño empírico para losas de hormigón.

9.7.3. Diseño tradicional

9.7.3.1. Requisitos generales

Los requisitos del presente artículo se deberán aplicar a las losas de hormigón que tienen cuatro capas de armadura, dos en cada dirección, y que satisfacen el artículo 9.7.1.1.

9.7.3.2. Armadura de distribución

En la parte inferior de las losas se deberá disponer armadura en la dirección secundaria; esta armadura se deberá calcular como un porcentaje de la armadura principal para momento positivo:

- Si la armadura principal es paralela al tránsito:

$$55 / \sqrt{S} \leq 50 \text{ por ciento}$$

- Si la armadura principal es perpendicular al tránsito:

$$121 / \sqrt{S} \leq 67 \text{ por ciento}$$

donde:

S longitud de tramo efectiva considerada igual a la longitud efectiva especificada en el artículo 9.7.2.3, en m.

9.7.4. Encofrados perdidos

9.7.4.1. Requisitos generales

Los encofrados perdidos se deberán diseñar de manera que permanezcan elásticos bajo las cargas constructivas. La carga constructiva no se deberá considerar menor que el peso del encofrado y la losa de hormigón más **2,4 kN/m²**.

Las tensiones de flexión debidas a las cargas constructivas no mayoradas no deberán superar los siguientes valores:

- **75 por ciento** de la tensión de fluencia del acero, o
- **65 por ciento** de la resistencia a la compresión a **28 días** en el caso de hormigón comprimido o el módulo de rotura en tracción en el caso de paneles de hormigón pretensado utilizados como encofrados.

La deformación elástica generada por el peso propio de los encofrados, el hormigón plástico, y las armaduras no deberá superar los siguientes valores:

- Para encofrados cuya longitud de tramo es menor o igual que **3,00 m**, la longitud de tramo del encofrado dividida por **180**, pero no mayor a **13 mm**; o

- Para encofrados cuya longitud de tramo es mayor que **3,00 m**, la longitud de tramo del encofrado dividida por **240**, pero no mayor a **20 mm**.

9.7.4.2. Encofrados de acero

Se deberá especificar que los paneles se deben unir mecánicamente en sus bordes comunes y sujetar a sus apoyos. A menos que la documentación técnica especifique lo contrario, no estará permitido soldar los encofrados metálicos a los componentes de apoyo.

Los encofrados de acero no se deberán considerar actuando de forma compuesta con una losa de hormigón.

9.7.4.3. Encofrados de hormigón

9.7.4.3.1. Altura

La altura de los encofrados perdidos de hormigón no deberá ser mayor que el **55 por ciento** de la altura de la losa de tablero terminada, ni menor que **0,09 m**.

9.7.4.3.2. Armadura

Los paneles de hormigón utilizados como encofrados se pueden pretensar en la dirección del tramo de diseño.

Si el encofrado prefabricado se pretensa, los cordones se pueden considerar como armadura principal en la losa de tablero.

Se deberán analizar las longitudes de transferencia y anclaje de los cordones para las condiciones que se presentarán durante la construcción y en servicio.

No es necesario prolongar los cordones de pretensado y/o las barras de armadura del panel prefabricado hacia el interior del hormigón colocado in situ sobre las vigas.

Si se utiliza armadura inferior de distribución, esta armadura se puede colocar directamente en la parte superior de los paneles. Los empalmes de la armadura principal superior de la losa del tablero no se deberán ubicar sobre las juntas entre paneles.

El recubrimiento de hormigón debajo de los cordones no deberá ser menor a **20 mm**.

9.7.4.3.3. Control de fluencia lenta y contracción

La edad del hormigón de los paneles en el momento de colocar el hormigón in situ deberá ser tal que se minimice la diferencia entre la contracción y la fluencia lenta combinados del panel prefabricado y la contracción del hormigón colocado in situ.

Se deberá especificar que a la superficie superior de los paneles se le debe imprimir una rugosidad tal que asegure su acción compuesta con el hormigón colocado in situ.

9.7.4.3.4. Material de apoyo para los paneles

Los extremos de los paneles utilizados como encofrados se deberán apoyar sobre un lecho continuo de mortero, o bien, durante la construcción deberán estar soportados de

manera tal que el hormigón colocado in situ fluya hacia el espacio entre el panel y el componente de apoyo, formando un lecho de hormigón.

9.7.5. Losas de tablero prefabricadas sobre vigas

9.7.5.1. Requisitos generales

Se pueden utilizar paneles de losa prefabricados, tanto de hormigón armado como de hormigón pretensado. La altura de la losa, excluyendo cualquier tolerancia para pulido, texturizado, o superficie sacrificable, deberá ser mayor o igual a **0,18 m**.

9.7.5.2. Tableros prefabricados unidos transversalmente

Se podrán utilizar tableros flexionalmente discontinuos contruidos de paneles prefabricados y unidos entre sí mediante llaves de corte. El diseño de la llave de corte y el mortero utilizado en la llave deberán ser aprobados por el Propietario. Para el diseño del material de apoyo se pueden aplicar los requisitos del artículo 9.7.4.3.4.

9.7.5.3. Tableros prefabricados postensados longitudinalmente

Los componentes prefabricados se pueden colocar sobre vigas y unir entre sí mediante postensado longitudinal. La mínima tensión efectiva de pretensado promedio deberá ser mayor o igual que **1,7 MPa**.

Se deberá especificar que la junta transversal entre los componentes y los volúmenes vacíos creados para acoplar las vainas de postensado, se deben llenar con mortero sin contracción con una resistencia mínima a la compresión a las **24 horas** igual a **35 MPa**.

Se deberán crear volúmenes vacíos en la losa alrededor de los conectores de corte, y luego de completar el postensado estos vacíos se deberán llenar con el mismo mortero.

9.7.6. Losas de tablero en construcciones por dovelas

9.7.6.1. Requisitos generales

Los requisitos del presente artículo se deberán aplicar a las losas superiores de las vigas postensadas cuyas secciones transversales son tipo cajón de una o múltiples celdas. La losa se deberá analizar de acuerdo con los requisitos del artículo 4.6.2.1.6 del Reglamento CIRSOC 801.

9.7.6.2. Juntas en el tablero

Las juntas en los tableros de los puentes contruidos con dovelas prefabricadas podrán ser de uniones secas, superficies conjugadas con resina epoxi, o uniones de hormigón colocado in situ.

Las uniones secas sólo se deben utilizar en regiones en las cuales no se aplican sales anticongelantes.

La resistencia de las juntas de hormigón colocado in situ no deberá ser menor que la del hormigón prefabricado. El ancho de la junta de hormigón deberá permitir el anclaje de la armadura en la junta o bien el acople de las vainas si se utilizan, pero en ningún caso deberá ser menor que **0,30 m**.

9.8. TABLEROS METÁLICOS

9.8.1. Requisitos generales

Los tableros metálicos se deberán diseñar de manera de satisfacer los requisitos del Capítulo 6 del Reglamento CIRSOC 803 (en preparación). El área de contacto de la rueda se deberá determinar como se especifica en el artículo 3.6.1.2.5 del Reglamento CIRSOC 801.

9.8.2. Tableros de emparrillado metálico

9.8.2.1. Requisitos generales

Los tableros de emparrillado deberán estar compuestos por elementos principales que se extienden entre vigas, o vigas transversales y elementos secundarios que interconectan y se extienden entre los elementos principales. Los elementos principales y secundarios pueden formar un patrón rectangular o diagonal y deberán estar firmemente unidos entre sí. En los pisos de emparrillado abierto, los tableros de emparrillado con vanos parcialmente llenos y los tableros de emparrillado con vanos no llenos que trabajan de forma compuesta con una losa de hormigón armado se deberán soldar todas las intersecciones de los elementos.

Las solicitaciones se pueden determinar utilizando uno de los métodos siguientes:

- Los métodos aproximados especificados en el artículo 4.6.2.1 del Reglamento CIRSOC 801, según corresponda;
- La teoría de placas ortótropas;
- Emparrillados equivalentes; o
- Ayudas para el diseño provistas por el fabricante, si hay evidencia técnica suficiente para documentar y avalar el comportamiento del tablero.

Uno de los métodos aproximados aceptados se basa en el área de la sección transversal transformada. Se pueden utilizar dispositivos mecánicos de transferencia de corte, incluyendo indentaciones, relieves, arenado de la superficie, y otros medios apropiados para mejorar la acción compuesta entre los elementos del emparrillado y el relleno de hormigón.

Si un tablero de emparrillado metálico con vanos llenos o parcialmente llenos, o un tablero de emparrillado con vanos no llenos compuesto con una losa de hormigón armado se considera compuesto con los elementos que los soportan a los efectos del diseño de dichos elementos, el ancho de losa efectivo en la sección compuesta deberá ser como se especifica en el artículo 4.6.2.6.1 del Reglamento CIRSOC 801.

9.8.2.2. Pisos de emparrillado abierto

Los pisos de emparrillado abierto se deberán conectar a los elementos de apoyo mediante soldaduras o conexiones mecánicas en cada elemento principal. Si para realizar esta conexión se utilizan soldaduras, estará permitido utilizar una soldadura de **0,075 m** de

longitud a un solo lado o bien, una soldadura de **0,040 m** de longitud a cada lado del elemento principal.

A menos que haya evidencia que indique lo contrario, las soldaduras en los pisos de emparrillado abierto se deben considerar como detalles de Categoría **E**, y se deberán aplicar los requisitos del artículo 6.6 del Reglamento CIRSOC 803 (en preparación).

Los extremos y bordes, de los pisos de emparrillado abierto, que puedan estar expuestos al tránsito vehicular, deberán estar soportados mediante barras de cierre u otros medios efectivos.

9.8.2.3. Tableros de emparrillado con vanos llenos y parcialmente llenos

9.8.2.3.1. Requisitos generales

Estos tableros deberán consistir de un emparrillado metálico u otro sistema estructural metálico, con sus vanos llenos o parcialmente llenos con hormigón.

Los requisitos del artículo 9.8.2.1 se deberán aplicar a los tableros de emparrillado con vanos llenos y parcialmente llenos.

Siempre que sea posible, se deberá proveer una sobrecapa estructural de **0,045 m** de espesor.

Los emparrillados con vanos llenos y parcialmente llenos se deberán unir a los elementos de apoyo mediante soldaduras o conectores de corte a fin de transferir el esfuerzo de corte entre ambas superficies.

9.8.2.3.2. Requisitos de diseño

El diseño de los tableros de emparrillado con vanos llenos y parcialmente llenos se deberá realizar de acuerdo con los requisitos de los artículos 9.8.2.1 y 4.6.2.1.8 del Reglamento CIRSOC 801.

La parte de hormigón de los tableros de emparrillado con vanos llenos y parcialmente llenos deberá satisfacer los requisitos generales del Capítulo 5 del Reglamento CIRSOC 802, relacionados con la integridad y durabilidad a largo plazo.

Para las aplicaciones hormigonadas in situ, se deberá suponer que el peso del relleno de hormigón es soportado exclusivamente por la parte metálica del tablero. Se puede suponer que las cargas temporales y las cargas permanentes impuestas son soportadas por las barras del emparrillado y el relleno de hormigón actuando de forma compuesta. Una sobrecapa estructural se puede considerar parte del tablero estructural compuesto. Si se provee una sobrecapa estructural, la altura de diseño del tablero se deberá reducir para considerar una tolerancia para la pérdida que se anticipa como resultado del pulido, texturado o desgaste del hormigón.

9.8.2.3.3. Estado límite de fatiga y fractura

Las conexiones entre los elementos del emparrillado metálico de un tablero de emparrillado con vanos total o parcialmente llenos no necesitan verificarse para fatiga en la zona local de momentos negativos del tablero (por ejemplo, momentos negativos en el tablero sobre una viga de tablero longitudinal), cuando el tablero se ha diseñado con un factor de continuidad de **1,0**.

9.8.2.4. Tableros de emparrillado con vanos no llenos compuestos con losas de hormigón armado

9.8.2.4.1. Requisitos generales

Un tablero de emparrillado con vanos no llenos compuesto con una losa de hormigón armado consta de una losa de hormigón armado que se hormigona en la parte superior y queda compuesto con el emparrillado metálico con vanos no llenos. La acción compuesta entre la losa de hormigón y el tablero de emparrillado se deberá asegurar proveyendo conectores de corte u otros medios capaces de resistir las componentes horizontales y verticales de los cortes en las interfases.

La acción compuesta entre el tablero de emparrillado y los elementos de apoyo se deberá asegurar utilizando conectores de corte mecánicos.

A menos que se especifique lo contrario, se deberán aplicar los requisitos del artículo 9.8.2.1.

En estos tipos de tableros se deben minimizar las discontinuidades y las uniones en frío.

9.8.2.4.2. Diseño

El diseño de tableros de emparrillado, con vanos no llenos, que actúan de forma compuesta con una losa de hormigón armado se deberá realizar de acuerdo con los requisitos de los artículos 9.8.2.1 y 4.6.2.1.8 del Reglamento CIRSOC 801. La altura de diseño del tablero se deberá reducir para considerar una tolerancia por la pérdida que se anticipa como resultado del pulido, texturado o desgaste del hormigón.

La parte de hormigón armado de los tableros de emparrillado con vanos no llenos, que actúan de forma compuesta con una losa de hormigón armado, deberá satisfacer los requisitos generales del Capítulo 5 del Reglamento CIRSOC 802, relacionados con la integridad y durabilidad a largo plazo.

En la losa de hormigón, se puede utilizar una capa de armadura en cada dirección principal.

Para las aplicaciones hormigonadas in situ, se deberá suponer que el peso de la losa de hormigón es soportado exclusivamente por la parte emparrillada del tablero. Se puede suponer que las cargas temporales y las cargas permanentes impuestas son soportadas por la sección compuesta.

La interfase entre la losa de hormigón y el sistema metálico deberá satisfacer los requisitos del artículo 6.10.10 del Reglamento CIRSOC 803 (en preparación). Los métodos de conexión de corte aceptables incluyen el uso de barras terciarias a las cuales se han soldado pernos redondos o rebarras de **13 mm** de diámetro, u orificios perforados de al menos **19 mm** en la parte superior de las barras principales del emparrillado embebidas en la losa de hormigón armado como mínimo **25 mm**.

9.8.2.4.3. Estado límite de fatiga

La conexión interna entre los elementos del emparrillado metálico de un tablero de emparrillado, con vanos no llenos, que actúa de forma compuesta con una losa de hormigón armado se deberá analizar para fatiga.

A menos que haya evidencia que indique lo contrario, las soldaduras de punto que unen los encofrados horizontales a los emparrillados metálicos se deberán considerar detalles de Categoría **E'**.

La losa compuesta de hormigón armado se deberá incluir en el cálculo del rango de tensiones.

9.8.3. Tableros ortótropos de acero

9.8.3.1. Requisitos generales

Los tableros de acero ortótropos deberán consistir de una placa de tablero rigidizada y soportada por nervios longitudinales y vigas de tablero transversales. La placa de tablero deberá actuar como ala común de los nervios, las vigas de tablero, y los elementos longitudinales principales del puente.

En caso de rehabilitación, si el tablero ortótropo es soportado por vigas de tablero existentes, la conexión entre el tablero y las vigas de tablero se debe diseñar para una acción compuesta plena, aún cuando en el diseño de las vigas de tablero se desprece la acción compuesta. Siempre que resulte posible, se deben proveer conexiones adecuadas para desarrollar la acción compuesta entre el tablero y los componentes longitudinales principales.

9.8.3.2. Distribución de las cargas de rueda

Se puede suponer que la presión de la rueda se distribuye a **45°** en todas las direcciones a partir de la superficie del área de contacto hasta la mitad de la placa de tablero. La huella de la rueda deberá ser como se especifica en el artículo 3.6.1.2.5 del Reglamento CIRSOC 801.

9.8.3.3. Superficie de rodamiento

La superficie de rodamiento se debe considerar como parte integral del sistema del tablero ortótropo total, y se deberá especificar que dicha superficie esté adherida a la parte superior de la placa de tablero.

Se puede considerar la contribución de la superficie de rodamiento a la rigidez de los elementos de un tablero ortótropo si se demuestra que las propiedades estructurales y de adherencia son satisfactorias en el rango de temperatura comprendido entre **-30°C** y **+50°C**. Si en el diseño se considera la contribución a la rigidez aportada por la superficie de rodamiento, las propiedades ingenieriles requeridas de la superficie de rodamiento se deberán especificar en la documentación técnica.

Las solicitaciones en la superficie de rodamiento y en la interfase con la placa de tablero se deberán analizar considerando las propiedades ingenieriles de la superficie de rodamiento para las temperaturas de servicio extremas anticipadas.

La acción compuesta a largo plazo entre la placa de tablero y la superficie de rodamiento se deberá documentar tanto mediante ensayos de carga estáticos como mediante ensayos de carga cíclicos.

A los fines del diseño de la superficie de rodamiento y su adherencia a la placa de tablero, se deberá suponer que la superficie de rodamiento actúa de forma compuesta con la placa

de tablero, ya sea que para el diseño de la placa de tablero se considere esta hipótesis o no.

9.8.3.4. Análisis de tableros ortótropos

9.8.3.4.1. Requisitos generales

El diseño de tableros ortótropos se debe basar en el uso apropiado de los tres niveles de análisis especificados en este Reglamento. El estado límite de fatiga se debe analizar utilizando al menos uno de los tres niveles de diseño especificados en los artículos 9.8.3.4.2 a 9.8.3.4.4. Los estados límite de resistencia, servicio y eventos extremos, según corresponda, y los criterios de factibilidad de construcción deben ser analizados utilizando el Nivel 2 de diseño.

9.8.3.4.2. Nivel 1 de diseño

Los paneles de tableros ortótropos y los detalles verificados mediante las pruebas adecuadas de laboratorio a escala real se pueden utilizar sin tener en cuenta los niveles de diseño 2 y 3 siempre que las cargas y tensiones de diseño estructural de la nueva aplicación cubran el protocolo de ensayo. Las pruebas de carga deben ser equivalentes a la carga máxima del camión; los rangos de tensiones en los detalles deben simular con precisión las demandas esperadas en servicio y deben tener precisas condiciones de límites. Para el diseño de fatiga de vida finita, la resistencia debe proporcionar un **97,5 por ciento** de confianza de supervivencia. Para el diseño de fatiga de vida infinita, el límite de la fatiga de amplitud constante (**CAFL**, “*Constant Amplitude Fatigue Limit*”) debe ser superado no más de **uno de cada 10000 ciclos (0,01 por ciento)**. Una prueba a escala real debe incluir un mínimo de dos luces de nervio con tres vigas de tablero.

Los diseños del Nivel 1 que han sido previamente verificados por pruebas de laboratorio pueden ser utilizados como base para el diseño de nuevos proyectos sin pruebas adicionales, sujetos a la aprobación del Propietario.

9.8.3.4.3. Nivel 2 de diseño

9.8.3.4.3a. Requisitos generales

Los detalles no sometidos a mecanismos locales de distorsión, similares a los previamente probados por adecuados ensayos de laboratorio, o los que han demostrado ser eficaces por los diseños del Nivel 3 y la observación a largo plazo cuando se someten a las cargas apropiadas, pueden ser verificados considerando sólo esfuerzos nominales determinados a partir del análisis simplificado.

9.8.3.4.3b. Tableros con nervios abiertos

El nervio puede ser analizado como una viga continua apoyada por las vigas de tablero.

Para luces de nervios no mayores a **4,50 m**, la carga sobre un nervio debida a las cargas de ruedas se puede determinar como la reacción de la placa de tablero transversalmente continua apoyada por nervios rígidos. Para luces de nervios con más de **4,50 m**, el efecto de la flexibilidad del nervio en la distribución lateral de las cargas de ruedas se puede determinar por análisis elástico.

Para luces de nervios menores a **3,00 m** o para tableros con vigas de tablero de poca altura, se debe considerar la flexibilidad de las vigas de tablero en el cálculo de las solicitaciones en los nervios.

9.8.3.4.3c. Tableros con nervios cerrados

Para el análisis global de los tableros con nervios cerrados, puede ser utilizado el método semiempírico Pelikan-Esslinger. Los efectos de carga sobre un nervio cerrado con una luz no mayor que **6,00 m** se pueden calcular a partir de las cargas de rueda ubicadas solamente sobre un nervio, sin tener en cuenta los efectos de las cargas de rueda situadas en forma transversalmente adyacentes.

Para luces mayores de nervio, deben ser calculadas las correcciones apropiadas de los efectos de carga sobre los nervios.

9.8.3.4.4. Nivel 3 de diseño

Nuevos detalles ortótropos pueden ser diseñados utilizando un análisis refinado tridimensional tal como se define en el artículo 4.6.3.2.3 del Reglamento CIRSOC 801 y como se especifica a continuación. Para el análisis de la fatiga, se deben incluir las técnicas de modelado estructural:

- El uso de elementos tipo placa o sólidos con la formulación aceptable para acomodar gradientes de esfuerzos escalonados,
- La densidad de la malla de $t \cdot t$, donde t es el espesor del componente de placa, y
- Los esfuerzos estructurales locales deben ser determinados como se especifica a continuación.

Para el diseño de fatiga, los esfuerzos estructurales locales deben ser utilizados para la comparación de la resistencia nominal a fatiga. Los esfuerzos estructurales locales en las uniones soldadas deben ser medidos perpendiculares al pie de la soldadura y se determinan utilizando puntos de referencia en el modelo de elementos finitos y extrapolación, como se muestra en la Figura 9.8.3.4.4-1. Los puntos de referencia deben ser situados en la superficie de los elementos a una distancia de **0,5·t** y **1,5·t** medidos perpendicularmente desde el pie de la soldadura, respectivamente, con el esfuerzo estructural local f_{lss} determinado como:

$$f_{lss} = 1,5 f_{0,5} - 0,5 f_{1,5} \quad (9.8.3.4.4-1)$$

donde:

- $f_{0,5}$ el esfuerzo en la superficie a una distancia de **0,5·t** desde el pie de la soldadura, en MPa.
- $f_{1,5}$ el esfuerzo en la superficie a una distancia de **1,5·t** desde el pie de la soldadura, en MPa.

Se debe requerir el Nivel 3 de diseño para todas las aplicaciones de restauración de puentes a menos que se pueda demostrar que el procedimiento de restauración cumple los requisitos del artículo 9.8.3.4.1 y es aprobado por el Propietario.

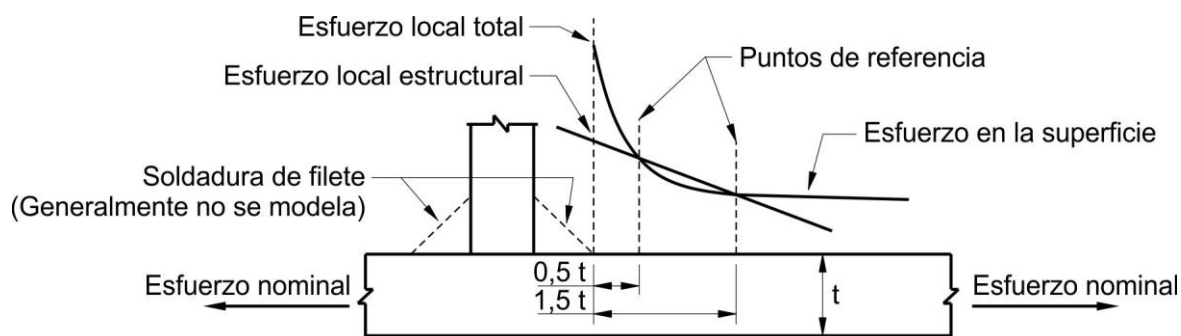


Figura 9.8.3.4.4-1. Esfuerzos estructurales locales

9.8.3.5. Diseño

9.8.3.5.1. Superposición de efectos locales y globales

En el cálculo de las solicitaciones extremas en el tablero, la combinación de los efectos locales y globales se determina como se especifica en el artículo 6.14.3 del Reglamento CIRSOC 803 (en preparación).

9.8.3.5.2. Estados límite

9.8.3.5.2a. Requisitos generales

Los tableros ortótropos deben estar diseñados para cumplir con los requisitos del Capítulo 6 del Reglamento CIRSOC 803 (en preparación), en todos los estados límite aplicables a menos que se especifique lo contrario.

9.8.3.5.2b. Estado límite de servicio

En el estado límite de servicio, el tablero debe satisfacer los requisitos especificados en el artículo 2.5.2.6 del Reglamento CIRSOC 801.

9.8.3.5.2c. Estado límite de resistencia

En el estado límite de resistencia para la combinación de efectos de fuerza, globales y locales, se deben aplicar las disposiciones del artículo 6.14.3 del Reglamento CIRSOC 803 (en preparación).

Los efectos de la inestabilidad por compresión deben ser analizados en el estado límite de resistencia. Si la inestabilidad no se controla, la resistencia de la placa del tablero ortótropo se basará en la obtención de la tensión de fluencia en cualquier punto de la sección transversal.

9.8.3.5.2d. Estado límite de fatiga

Se debe verificar la fatiga para los componentes estructurales de acuerdo con el nivel de diseño apropiado como se especifica en el artículo 9.8.3.4. Las disposiciones del artículo 6.6.1.2 del Reglamento CIRSOC 803 (en preparación), se aplican para la carga inducida por la fatiga.

Con la aprobación del Propietario, puede ser considerada la aplicación de normas menos estrictas de diseño de fatiga para los carriles interiores de circulación, de tableros de varios carriles, sujetos a tránsito poco frecuente.

9.8.3.6. Requisitos de detalle

9.8.3.6.1. Espesor mínimo de la placa

El espesor mínimo de la placa se debe determinar como se especifica en el artículo 6.7.3 del Reglamento CIRSOC 803 (en preparación).

9.8.3.6.2. Nervios cerrados

La soldadura unilateral entre el alma de un nervio cerrado y la placa de tablero deberá tener un objetivo de penetración del **80 por ciento**, con un mínimo del **70 por ciento** y sin soplo a través de ella, y se debe colocar con un buen ajuste de menos de **0,5 mm** de brecha antes de la soldadura.

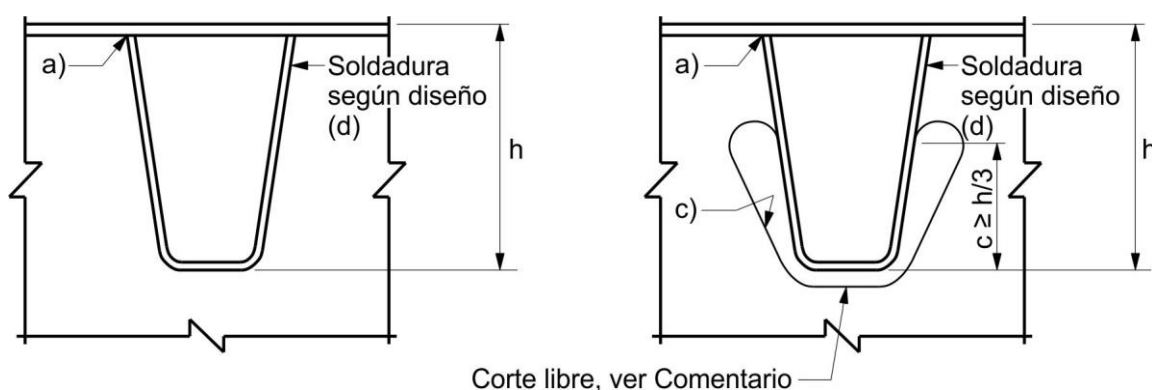
9.8.3.6.3. Soldadura de tableros ortótropos

Las soldaduras de los conectores de accesorios, soportes de utilidad, terminales de elevadores, o conectores de corte a la placa de tablero o a los nervios deben ser aprobados por un Ingeniero.

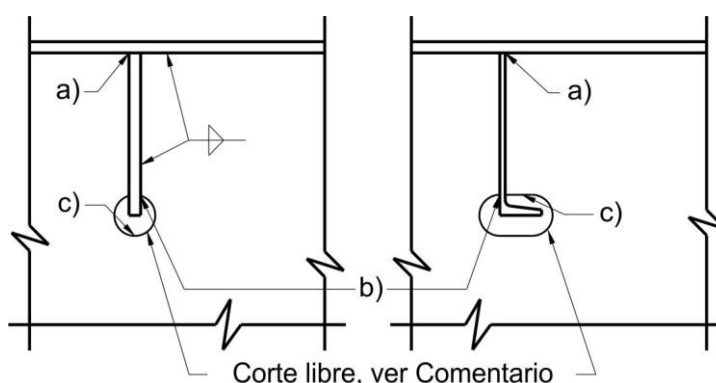
9.8.3.6.4. Detalles de tableros y nervios

Los empalmes de tableros y nervios deben ser soldados o fijados mecánicamente por medio de bulones de alta resistencia. Los nervios deben permanecer continuos a través de recortes en las almas de las vigas de tablero, como se muestra en la Figura 9.8.3.6.4-1. Los siguientes detalles de fabricación deben ser requeridos en las especificaciones técnicas como se identifica en la Figura 9.8.3.6.4-1:

- (a) No debe haber discontinuidades (recortes) en el alma de las vigas de tablero
- (b) Las soldaduras deberán ser envolventes
- (c) Pulir hasta lograr una superficie suave
- (d) Se pueden utilizar soldaduras combinadas de filete y de ranura: 1) en los casos en que el tamaño requerido de las soldaduras de filete para satisfacer los requisitos de resistencia a la fatiga sea excesiva si se utiliza sola, o 2) para lograr una terminación rasante.



a) Intersecciones de nervios cerrados con vigas de tablero



b) Intersecciones de nervios abiertos con vigas de tablero

Figura 9.8.3.6.4-1. Requisitos de detalle para tableros ortótropos**9.8.4. Tableros ortótropos de aluminio**

Este artículo no formará parte del presente Reglamento, sin embargo se deja el título del mismo a efectos de mantener la numeración respecto de AASHTO-LRFD 2012.

9.8.5. Tableros de metal corrugado**9.8.5.1. Requisitos generales**

Los tableros de metal corrugado sólo se deben utilizar en caminos secundarios y rurales.

Los mismos consistirán en formas de metal corrugado llenados con asfalto bituminoso u otro material de acabado superficial aprobado. Las formas metálicas se deberán sujetar de manera efectiva a los elementos sobre los cuales se apoyan.

9.8.5.2. Distribución de las cargas de rueda

Se puede suponer que la carga de rueda se distribuye a **45°** desde el área de contacto hasta el eje neutro de las formas de metal corrugado.

9.8.5.3. Acción compuesta

Para que el relleno contribuya a la acción compuesta con la placa de tablero, se deberán aplicar los requisitos del artículo 9.8.3.3.

Sólo se podrá considerar acción compuesta entre las formas de metal corrugado y los componentes de apoyo si las conexiones en la interfase se diseñan para acción compuesta plena, y se demuestra que el tablero puede resistir los esfuerzos de compresión asociados con la acción compuesta.

9.9. TABLEROS DE MADERA

Este artículo no formará parte del presente Reglamento, sin embargo se deja el título del mismo a efectos de mantener la numeración respecto de AASHTO-LRFD 2012.

INTI

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL



CIRSOC

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS
REGLAMENTOS NACIONALES DE
SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES