

Normas Técnicas sobre Equipamiento de Seguridad Vial
Dirección Nacional de Vialidad



Ministerio
**de Transporte
y Obras Públicas**

SERIE 400 – Norma Técnica sobre Elementos de Contención

401 – Zona Libre de Obstáculos y criterios de necesidad.

Versión 0

Resumen

Esta serie presenta los criterios básicos a considerar para determinar la necesidad de la implementación de un sistema de contención vial.

Se analiza el concepto de Zona Libre de Obstáculos y su aplicación para el diseño de los costados de una vía y se estudian los obstáculos potencialmente peligrosos más comunes encontrados adyacentes a la calzada.

Este documento forma parte indivisible de la Serie 400, Norma Técnica sobre Elementos de Contención que compone las Normas Técnicas sobre Equipamiento de Seguridad Vial de la Dirección Nacional de Vialidad.

Retroalimentación y consultas

Se invita a los usuarios de este documento a plantear consultas y/o emitir comentarios sobre su contenido y uso al email **dnv.seguridadvial@mtop.gub.uy**.

Este es un documento controlado.

Este documento es publicado por la Dirección Nacional de Vialidad- Ministerio de Transporte y Obras Públicas de la República Oriental del Uruguay, y es parte de las Normas Técnicas sobre Equipamiento de Seguridad Vial - DNV, MTOP.

Este documento sustituye a:

- Especificaciones para el Equipamiento para la Seguridad Vial. Especificaciones Técnicas Para Materiales A Utilizar En Defensas Metálicas Tipo "Doble Onda; Recomendaciones para la colocación de defensas laterales metálicas tipo "Doble Onda" y Recomendaciones para la Implementación de Sistemas de Barreras de Contención de Vehículos - DNV, MTOP; 2004

Consideraciones Contractuales y legales

Este documento forma parte de las especificaciones aplicables en vías abiertas a la circulación. No pretende incluir la totalidad de los requisitos para el diseño de una vía en particular, por lo que es responsabilidad de los usuarios del mismo aplicar todas las especificaciones requeridas en su contrato. Además, esta normativa aplica a proyectos nuevos o de rehabilitación mayor en Rutas Nacionales.

Sugerencia para la referencia de este documento:

Normas Técnicas sobre Equipamiento de Seguridad Vial, DNV, MTOP. Serie 400- 401- Zona Libre de Obstáculos y criterios de necesidad, versión 0, Revisión Noviembre 2025.

Advertencia: El uso de lenguaje que no discrimine es unas de las preocupaciones de nuestro equipo. Se ha realizado el máximo esfuerzo en no incurrir en sesgos de género en la redacción.

Autoridades

Las autoridades que se mencionan ejercen funciones en la fecha en que se realiza la Versión 0 de este documento.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Sr. José Luis Falero
Per. Agr. Hernán Ciganda

Ministro
Director Nacional de Vialidad

Elaboración de la Norma

Equipo técnico

Ing. Adriana Varela
Ing. MSc. Teresa Aisemberg
Ing. Cecilia Volpe

Jefa División Seguridad en el Tránsito
Jefa Departamento Señalización
Sector Elementos de Contención –
División Seguridad en el Tránsito

Versión N°: 0**Listado general de revisiones**

Fecha de Revisión	Sección	N° página/s	Detalle de la revisión
Noviembre 2025	General 4	General 4; 6	Ajuste general de referencias. Corrección de Tablas 4.1 y 4.2

Índice

1. Introducción	1
Definición y fin de un sistema de contención	1
2. Abreviaturas	1
3. Glosario	2
4. Criterios para la instalación de sistemas de contención	3
Definición de Zona Libre de Obstáculos	3
Obstáculos	5
Terraplenes	6
Usuarios vulnerables	7
Desmontes, Cunetas y Alcantarillas transversales	8
Otros	8
5. Resumen del proceso.....	8
6. Nota para proyectos DNV	8
7. Bibliografía	9
ANEXO A – Aplicaciones del concepto de Zona Libre de Obstáculos	10
Ejemplo 1:	10
Ejemplo 2:	11
Ejemplo 3:	12
Ejemplo 4:	13
Ejemplo 5:	13
Ejemplo 6:	14
Ejemplo 7:	15

Listado de Tablas

Tabla 2.1: Tabla con Abreviaturas	1
Tabla 3.1: Glosario	2
Tabla 4.1: Distancias recomendadas para la Zona Libre de Obstáculos en metros	4
Tabla 4.2: Factores de ajuste para ZLO en curvas horizontales (ZLO corregida= $ZLO.Kc$)	6

Listado de Figuras

Figura 4.1: Criterio de necesidad de instalación de barreras en terraplenes.	7
Figura A.1: Esquema representativo Ejemplo 1 – Aplicación ZLO	10
Figura A.2: Esquema representativo Ejemplo 2 – Aplicación ZLO	11
Figura A.3: Esquema representativo Ejemplo 3 – Aplicación ZLO	12
Figura A.4: Esquema representativo Ejemplo 4 – Aplicación ZLO	13
Figura A.5: Esquema representativo Ejemplo 5 – Aplicación ZLO	13
Figura A.6: Esquema representativo Ejemplo 6 – Aplicación ZLO	14
Figura A.7: Esquema representativo Ejemplo 7 – Aplicación ZLO	15

1. Introducción

- 1.1. La Serie 400 - 401 (DNV, 2021) presenta los criterios básicos para determinar si un lugar en particular de la vía requiere de la implementación de un sistema de contención vial. Los criterios adoptados se basan principalmente en la Roadside Design Guide (AASHTO, 2011).
- 1.2. Esta Serie analiza el concepto de Zona Libre de Obstáculos y su aplicación para el diseño de los costados de una vía. También se estudian los obstáculos potencialmente peligrosos más comunes encontrados adyacentes a la calzada y presenta diferentes opciones a implementar para mejorar la seguridad vial de las vías sin afectar la capacidad y funcionalidad de estos elementos.

Definición y fin de un sistema de contención

- 1.3. El propósito fundamental de los sistemas de contención es impedir que un vehículo abandone su calzada de circulación de manera imprevista y golpee un objeto que lo detenga violentamente o caiga por un terraplén.
- 1.4. Para su implementación, se debe asegurar que las consecuencias previstas del siniestro sean mayores que las provocadas por el impacto con la propia barrera. Las barreras de contención sólo se deberán implementar si se considera que las consecuencias de chocar contra un objeto fijo o de salirse del camino son más serias que los daños que sufrirá el conductor producto del impacto con la barrera.

2. Abreviaturas

Tabla 2.1: Tabla con Abreviaturas

Abreviatura	Nombre completo
AASHTO	American Association of Highway and Transportation Officials
DNV	Dirección Nacional de Vialidad
EN 1317	Norma Europea 1317
ETCM	Especificaciones Técnicas Complementarias y/o Modificativas del Pliego de Condiciones para la Construcción de Puentes y Carreteras de la DNV
FHWA	Federal Highway Administration
MASH	Manual for Assessing Safety Hardware
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
NCHRP 350	National Cooperative Highway Research Program Report 350
RDG	Roadside Design Guide

3. Glosario

Tabla 3.1: Glosario

Término	Definición
Acera	Vía pública o parte de ella, destinada exclusivamente al uso de peatones.
Banquina	Parte de la vía contigua a la calzada, destinada a la circulación y detención de vehículos en caso de emergencia y circulación de peatones cuando no existan otras zonas transitables más seguras.
Calzada	Parte de la vía normalmente utilizada para la circulación de vehículos; una vía puede comprender varias calzadas separadas entre sí espacialmente por una franja divisoria o una diferencia de nivel.
Carril	Parte de la calzada destinada al tránsito de una fila de vehículos.
Cordón	Elemento que limita la calzada y la separa de la acera, cantero o refugio.
Obra	A los efectos de esta Norma se define como cualquier actividad transitoria que afecte directa o indirectamente la circulación de vehículos y/o personas en una o más vías. Incluye la afectación de vías de tránsito alternativo.
Plataforma	Zona de la carretera formada por calzada, mediana, aceras y/o banquetas.
Vehículo	Automotor de libre operación que sirve para transportar personas o bienes por una vía.
Velocidad de circulación	A los efectos de este documento se define como la velocidad que resulte mayor entre la velocidad máxima reglamentada y la velocidad de operación de la vía, tomada como su percentil 85.
Vía	Superficie completa de un camino o calle, abierto a la circulación pública.

4. Criterios para la instalación de sistemas de contención

- 4.1. Al momento de evaluar si un tramo de vía requiere o no de la implementación de elementos de contención, el equipo proyectista debe conocer las características del tramo sección por sección y analizar las posibles consecuencias que sufrirá el usuario ante despistes.

Definición de Zona Libre de Obstáculos

- 4.2. Para realizar el análisis anterior se debe, en primera instancia, tener definida para cada sección de la vía una Zona Libre de Obstáculos (ZLO), o libre de condiciones potencialmente peligrosas al costado del camino.
- 4.3. Zona Libre de Obstáculos se define como el espacio sin obstrucciones, adyacente a la calzada y medido desde el borde de la misma, en el que un conductor luego de despistar, tendría la posibilidad de reconducir o detener su vehículo de manera segura, es decir sin volcar, chocar contra un obstáculo contundente o causar daños a terceros.
- 4.4. Se pueden considerar como parte de la ZLO las banquetas, y otras infraestructuras como carriles auxiliares, siempre y cuando el tránsito en las mismas no sea apreciable.
- 4.5. El valor de ZLO adoptado como parámetro de diseño puede diferir de la zona libre de obstáculos disponible en sitio.
- 4.6. En la Tabla 4.1 se presentan valores de ZLO mínimos recomendados por RDG (AASHTO, 2011), basadas en el TPDA, velocidad y geometría de la vía.
- 4.7. Estos datos proporcionan una aproximación general a los valores a adoptar para ZLO, pudiendo ser necesario modificarlos en base a condiciones específicas del sitio, tipología de la vía, viabilidad, homogeneidad en el tramo, etc. Sin embargo, cada criterio adoptado que se desvíe del concepto de ZLO como lo muestra la Tabla 4.1, deberá ser justificado por el equipo proyectista para cada situación.
- 4.8. Para el caso de vías de bajo volumen de tránsito, cuyo TPDA < 400 vpd, puede que no sea práctico o rentable proporcionar una ZLO como lo establece la Tabla 4.1. Sin embargo, se debe prever el mayor despeje posible y asegurar una ZLO uniforme a lo largo de todo el tramo. Esto cobra mayor importancia a medida que aumentan las velocidades de la vía.
- Incluso en estas vías de bajo volumen, se debe proporcionar un área despejada adecuada para permitir que un vehículo averiado pueda salir completamente de la calzada de circulación. Por lo que las ubicaciones de canales, cunetas y cabezales de alcantarilla cobran especial importancia en el diseño de la vía.
- 4.9. Se podrá modificar el ancho de la ZLO de la Tabla 4.1 con factores de ajuste, para tener en cuenta la curvatura horizontal de la vía. Estas modificaciones se consideran normalmente si existe historial de siniestros que indique tal necesidad, o cuando la investigación en un punto específico muestre un importante potencial de mejora y un aumento en la ZLO sea rentable. Por lo general, las curvas horizontales están peraltadas, particularmente aquellas en vías de alta velocidad, para aumentar la seguridad y proporcionar una conducción más segura y cómoda al usuario.

Tabla 4.1: Distancias recomendadas para la Zona Libre de Obstáculos en metros

(Adaptada de RDG, AASHTO 2011)

Velocidad de diseño (km/h)	TPDA de diseño	Talud			Contratalud		
		1V:6H o más plano	1V:5H a 1V:4H	1V:3H	1V:3H	1V:5H a 1V:4H	1V:6H o más plano
≤60	<750	2.0 - 3.0	2.0 - 3.0	**	2.0 - 3.0	2.0 - 3.0	2.0 - 3.0
	750 - 1500	3.0 - 3.5	3.5 - 4.5	**	3.0 - 3.5	3.0 - 3.5	3.0 - 3.5
	1500 - 6000	3.5 - 4.5	4.5 - 5.0	**	3.5 - 4.5	3.5 - 4.5	3.5 - 4.5
	>6000	4.5 - 5.0	5.0 - 5.5	**	4.5 - 5.0	4.5 - 5.0	4.5 - 5.0
70-80	<750	3.0 - 3.5	3.5 - 4.5	**	2.5 - 3.0	2.5 - 3.0	3.0 - 6.5
	750 - 1500	4.5 - 5.0	5.0 - 6.0	**	3.0 - 3.5	3.5 - 4.5	4.5 - 5.0
	1500 - 6000	5.0 - 5.5	6.0 - 8.0	**	3.0 - 4.5	4.5 - 5.0	5.0 - 5.5
	>6000	6.0 - 6.5	7.5 - 8.5	**	4.5 - 5.0	5.5 - 6.0	6.0 - 6.5
90	<750	3.5 - 4.5	4.5 - 5.5	**	2.5 - 3.0	3.0 - 3.5	3.0 - 3.5
	750 - 1500	5.0 - 5.5	6.0 - 7.5	**	3.0 - 3.5	4.5 - 5.0	5.0 - 5.5
	1500 - 6000	6.0 - 6.5	7.5 - 9.0	**	4.5 - 5.0	5.0 - 5.5	6.0 - 6.5
	>6000	6.5 - 7.5	8.0 - 10.0*	**	5.0 - 5.5	6.0 - 6.5	6.5 - 7.5
100	<750	5.0 - 5.5	6.0 - 7.5	**	3.0 - 3.5	3.5 - 4.5	4.5 - 5.0
	750 - 1500	6.0 - 7.5	8.0 - 10.0*	**	3.5 - 4.5	5.0 - 5.5	6.0 - 6.5
	1500 - 6000	8.0 - 9.0	10.0 - 12.0*	**	4.5 - 5.5	5.5 - 6.5	7.5 - 8.0
	>6000	9.0 - 10.0*	11.0 - 13.5*	**	6.0 - 6.5	7.5 - 8.0	8.0 - 8.5
110***	<750	5.5 - 6.0	6.0 - 8.0	**	3.0 - 3.5	4.5 - 5.0	4.5 - 5.0
	750 - 1500	7.5 - 8.0	8.5 - 11.0*	**	3.5 - 5.0	5.5 - 6.0	6.0 - 6.5
	1500 - 6000	8.5 - 10.0*	10.5 - 13.0*	**	5.0 - 6.0	6.5 - 7.5	8.0 - 8.5
	>6000	9.0 - 10.5*	11.5 - 14.0*	**	6.5 - 7.5	8.0 - 9.0	8.5 - 9.0

* En situaciones donde estudios específicos indiquen alta probabilidad de siniestros, el equipo proyectista podrá adoptar ZLO mayores a las que establece la tabla. Por otra parte, la ZLO puede limitarse a 9m por razones prácticas y para establecer un criterio uniforme siempre y cuando esté avalado por la experiencia en proyectos o diseños previos.

** Con pendientes en las que la recuperación de un vehículo no sea posible, no deben existir obstáculos peligrosos al pie del terraplén ya que una vez que un vehículo invada el talud, se estima que alcanzará el pie del mismo. Será de importancia también la distancia lateral entre el borde de calzada y el comienzo de la zona con terraplén empinado. En estos casos se debe proporcionar un área de recuperación de 3m al pie del terraplén para las pendientes que sean transitables pero no recuperables.

*** Cuando las velocidades de diseño sean superiores a los valores proporcionados, el diseñador podrá establecer distancias de zona libre mayores que las indicadas en la tabla.

- 4.10. En el ANEXO A – Aplicaciones del concepto de Zona Libre de Obstáculos, se presentan ejemplos de cálculo de ZLO basados en la RDG (AASHTO, 2011).
- 4.11. En caso de existir distintas pendientes en el perfil transversal del costado del camino, se podrá recurrir a un cálculo de zona libre de obstáculos compuesta. Se valorará en este caso la distancia al borde de calzada a la que se encuentra cada pendiente y su extensión, empleando los criterios establecidos de la RDG (AASHTO, 2011).
- 4.12. Luego de definir la ZLO se deberá realizar un inventario de los peligros potenciales que se encuentren dentro de esta zona a lo largo de la vía.
- 4.13. En caso de que el costado de la vía no posea condiciones para considerarla segura, esto es, que la zona libre disponible no sea suficientemente extensa por la presencia de obstáculos, la pendiente del talud u otro potencial peligro, el equipo proyectista deberá evaluar las siguientes opciones, en el orden establecido:
 1. Eliminar, relocalizar o rediseñar para reducir el riesgo de manera que el elemento de contención ya no sea requerido.
 2. Instalar una barrera apropiada o un elemento de contención seguro.
 3. Dejar el área descubierta o con medidas de protección menores, como señalización vertical y/o horizontal.
- 4.14. Los lugares que generalmente necesitan la implementación de un sistema de contención pueden clasificarse como:
 - Obstáculos
 - Terraplenes
 - Desmontes cunetas o alcantarillas transversales
 - Otros

Además, ocasionalmente, puede requerirse la instalación de barreras de contención vehicular como un elemento de protección a peatones y ciclistas.

Obstáculos

- 4.15. Un obstáculo lateral es cualquier elemento no traspasable por un vehículo liviano. Entre otros se pueden mencionar cabezales de alcantarillas, árboles, rocas, postes, etc.
- 4.16. Se recomienda la instalación de barreras para proteger al usuario de la vía de un elemento no traspasable o de un obstáculo a la orilla del camino, sólo cuando este se encuentre dentro de la ZLO y no se pueda quitar, reubicar o rediseñar de forma tal que sea traspasable.
- 4.17. Se debe evaluar que la implementación del sistema de contención proporcionará una mejora de la seguridad ante un escenario sin sistema de contención.

Tabla 4.2: Factores de ajuste para ZLO en curvas horizontales (ZLO corregida= ZLO.Kc)

(Adaptada de RDG, AASHTO 2011)

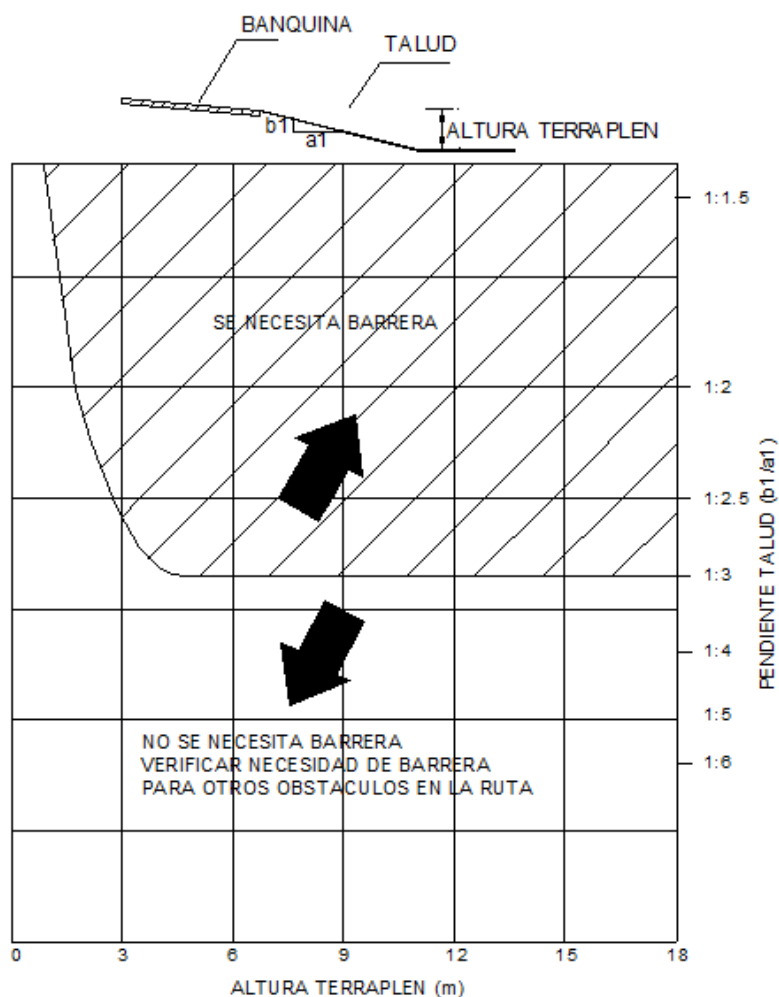
<i>Kc</i>	Velocidad de diseño (km/h)					
Radio de curva (m)	60	70	80	90	100	110
900	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
700	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3
600	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4
500	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
450	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5
400	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	
350	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	
300	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	
250	1,3	1,3	1,4	1,5		
200	1,3	1,4	1,5			
150	1,4	1,5				
100	1,5					
<i>El factor de corrección de ZLO se aplica sólo al exterior de las curvas.</i>						

Terraplenes

- 4.18. Los taludes paralelos al flujo de tránsito pueden ser clasificados en “traspasables”, “traspasables y no recuperables”, y “no traspasables o críticos”.
- 4.19. Los terrenos planos y aquellos que se consideran “traspasables y recuperables”, permitirán al conductor de un vehículo que se sale de la vía, circular de manera segura y recuperar el control del vehículo, o detenerse por completo para luego volver a su carril de circulación. Se consideran taludes traspasables y recuperables aquellos que presentan una pendiente 1V:4H o más planos.
- 4.20. En una pendiente traspasable pero no recuperable, un vehículo que despiste, probablemente no vuelque al transitar por el talud, pero en general no le será posible detenerse en esa zona y descenderá hasta el pie del mismo. Estos taludes se encuentran comprendidos entre las pendientes $1V:4H < \text{Pendiente} \leq 1V:3H$. **En base a lo anterior, se debe proporcionar un área de recuperación de por lo menos 3m al pie del talud para todos los taludes traspasables pero no recuperables.**
- 4.21. Un terraplén es no traspasable o crítico cuando un conductor, en caso de despiste, en general volcará al intentar traspasar el talud. Estos taludes son aquellos con pendiente mayor a 1V:3H.
- 4.22. Si un talud no traspasable o crítico comienza dentro de la ZLO, puede ser necesaria la implementación de sistemas de contención en caso que no sea posible aplanar la pendiente.
- 4.23. La Figura 4.1 muestra un gráfico con combinaciones de altura y pendientes límites en las que el terraplén se convertiría en un peligro potencial de vuelco en caso de despiste.

Figura 4.1: Criterio de necesidad de instalación de barreras en terraplenes.

Fuente RDG (AASHTO, 2011)



Usuarios vulnerables

- 4.24. Un área de análisis especial del equipo proyectista debe ser la presencia de usuarios vulnerables, para lo cual el criterio convencional presentado en los ítems anteriores en general no puede ser aplicado.
- 4.25. Estas situaciones deberán ser analizadas específicamente, debiéndose considerar con especial cuidado paradas de buses, zonas de tránsito peatonal, ciclovías, escuelas, zonas comerciales, acceso a instalaciones de público masivo u otras.
- 4.26. Como criterio básico, al definir el uso de sistemas de contención, el equipo proyectista deberá considerar que a velocidades superiores a 45 Km/h, el vehículo en general montará los cordones de uso estándar, por lo que debe disponerse de sistemas que impidan definitivamente el ingreso de vehículos a las zonas destinadas a circulación de usuarios vulnerables.
- 4.27. El equipo proyectista deberá considerar que los sistemas de contención se instalan a los efectos de disminuir la gravedad de potenciales siniestros, y que la eficacia de los mismos está determinada por su adecuada selección e implementación, en concordancia con lo establecido en la Serie 400 – 402 y Serie 400 – 403 (DNV, 2021) y las especificaciones de cada sistema particular.

Desmontes, Cunetas y Alcantarillas transversales

- 4.28. En el caso de cunetas y alcantarillas, se referirá a al Capítulo 3, 3.2.4 y 3.4 de la RDG (AASHTO, 2011) para el diseño de estructuras de drenaje traspasables y su tratamiento adecuado.
- 4.29. En presencia de desmonte, se deberá determinar si el mismo es traspasable, en base a su pendiente y textura. En general se deberá prever protección, considerando como zonas de peligro, aquellos casos en que la pendiente del desmonte sea mayor a 1V:3H, y con potencial de enganchamiento (paredes rugosas, roca, etc.).

Otros

- 4.30. Para el análisis de cualquier aspecto no cubierto en la totalidad de la Serie 400 - Norma para Elementos de Contención Vial (DNV, 2021), se deberá referir a lo indicado en la RDG (AASHTO 2011).

5. Resumen del proceso

- 5.1. Los pasos para evaluar si los costados de una vía pueden considerarse como seguros para los usuarios son:
 - Obtener información de anchos y pendientes del terreno al costado de la calzada en el tramo, y en base a ello, y a los criterios definidos en este documento, establecer el ancho de la ZLO de diseño.
 - Realizar un inventario de los peligros potenciales que se ubican a los costados de la carretera
 - Comparar la zona disponible libre de obstáculos con la Zona Libre de Obstáculos de Diseño.
 - Evaluar oportunidades de mejora, en acuerdo al orden establecido en el ítem 4.13.

6. Nota para proyectos DNV

- 6.1. La mención en un pliego de condiciones o término de referencia a la Normativa para la Seguridad Vial de la DNV o Normas Técnicas sobre el Equipamiento de Seguridad Vial de la DNV, implica el seguimiento de las recomendaciones y directivas indicadas en la totalidad de la Serie 400 (DNV, 2021), es decir del empleo de los elementos de contención indicados en la Serie 400- 403 (DNV, 2021) y el diseño de ubicaciones en base a lo recomendado en las Serie 400-401 (DNV, 2021) y Serie 400- 402 (DNV, 2021).

7. Bibliografía

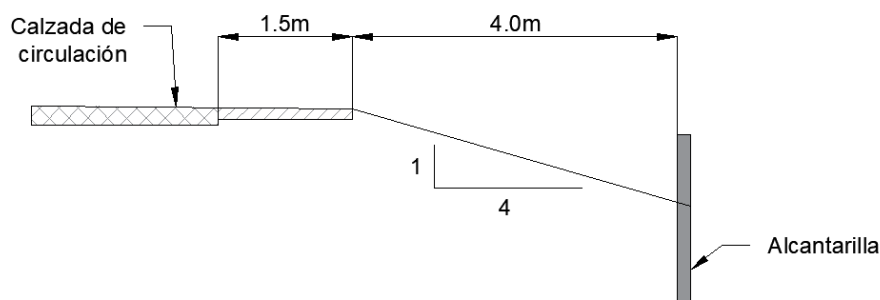
- American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO, (2011). Roadside Design Guide. Estados Unidos.
- Dirección Nacional de Vialidad, Ministerio de Transporte y Obras Públicas, (2004). Lámina tipo 267. Uruguay.
- Valverde Gonzáles, Germán, (2011). Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras. Universidad de Costa Rica.

ANEXO A – Aplicaciones del concepto de Zona Libre de Obstáculos

Ejemplo 1:

- TPDA: 1800 vpd
- Velocidad de diseño: 90 km/h
- Pendiente del talud al costado de la vía: 1V:4H. Zona Libre de Obstáculos para pendiente 1V:4H: 7.5 a 9.0m. (Ver Tabla 4.1)

Figura A.1: Esquema representativo Ejemplo 1 – Aplicación ZLO



Discusión:

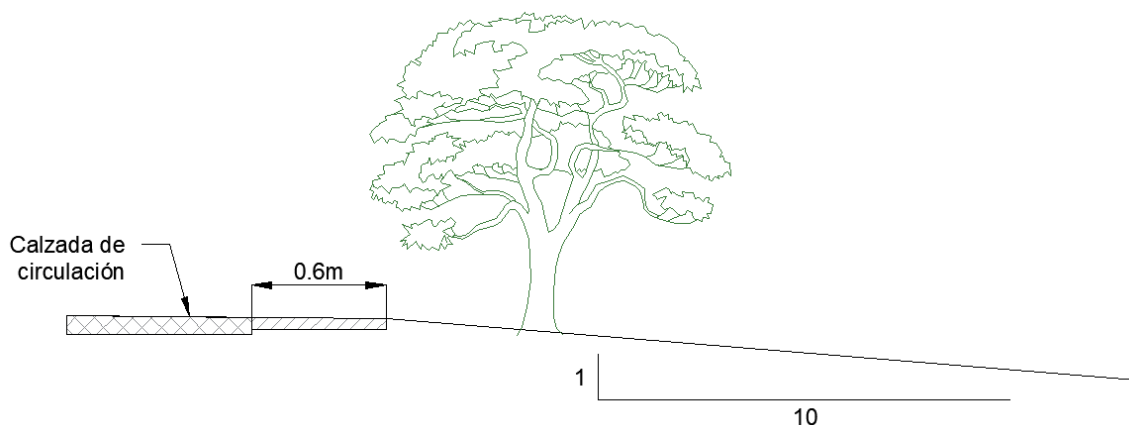
La zona de recuperación disponible se compone de 1.5m de banquina más 4.0m libres en la pendiente 1V:4H. Esto hace un total de 5.5m. Esta zona es de 2m a 3.5m menos que la ZLO sugerida.

Si la alcantarilla presenta un cabezal protuberante, no traspasable se deberá rediseñar el mismo o tomar la alcantarilla como un obstáculo puntual.

Si la presencia de la alcantarilla genera un desnivel mayor a 1m, se deberá tratar la misma como si fuera un talud vertical de acuerdo a la Serie 400-402 (DNV, 2021), debiéndose optar por un tratamiento especial de la zona, readecuación de la estructura para que sea traspasable o implementación de elemento de contención.

Ejemplo 2:**Datos del tramo:**

- TPDA: 300 vpd
- Velocidad de Diseño: 60 km/h
- Pendiente talud al costado de la vía: 1V:10H. Zona Libre de Obstáculos para pendiente 1V:5H - 2 a 3m. (Ver Tabla 4.1)

Figura A.2: Esquema representativo Ejemplo 2 – Aplicación ZLO**Discusión:**

La zona libre de obstáculos disponible de 1.2m es de 0.8 a 1.8m menor que la ZLO sugerida.

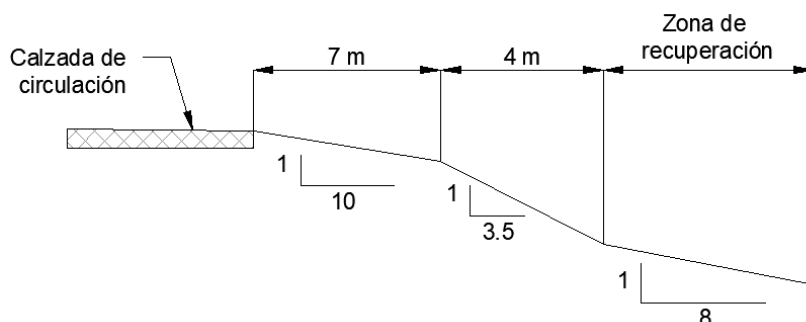
Si esta sección de la carretera tiene un número significativo de siniestros por despistes, podría ser apropiado proteger o eliminar toda la hilera de árboles dentro de la Zona Libre de Obstáculos. Si esta sección no tiene antecedentes significativos de siniestros y este árbol se encuentra alineado con otros árboles, la sección podría no necesitar mejoras. Sin embargo, si no hay ningún otro árbol dentro de la ZLO este árbol individual representa una obstrucción significativa y debe considerarse su remoción.

Para vías de bajo volumen de tránsito (TPDA ≤ 400), podría no ser posible la implementación de una ZLO de 2m debido a restricciones en los costos, disponibilidad de terreno entre otras. Para estos casos el Capítulo 12 de la RDG (AASHTO, 2011), habilita el uso de ZLO menores a 2m de ancho.

Este ejemplo enfatiza que la ZLO es un valor aproximado y que los obstáculos potencialmente peligrosos individuales deben analizarse en relación con otros obstáculos cercanos.

Ejemplo 3:**Datos del tramo:**

- TPDA: 7000 vpd
- Velocidad de Diseño: 100 km/h
- Pendiente talud al costado de la vía: 1V:10H. ZLO sugerida 9 a 10m. (Ver Tabla 4.1)
- Pendiente talud al costado de la vía: 1V:8H. ZLO sugerida 9 a 10m. (Ver Tabla 4.1)
- Zona libre disponible antes del inicio del talud no recuperable: 7m
- Área despejada al pie del talud: de 9 a 10m menos 7m = de 2 a 3m.

Figura A.3: Esquema representativo Ejemplo 3 – Aplicación ZLO**Discusión:**

Dado que el terraplén no recuperable está dentro de la distancia de ZLO recomendada para una pendiente 1V:10H, se debe considerar un área libre de obstáculos al pie del talud no recuperable.

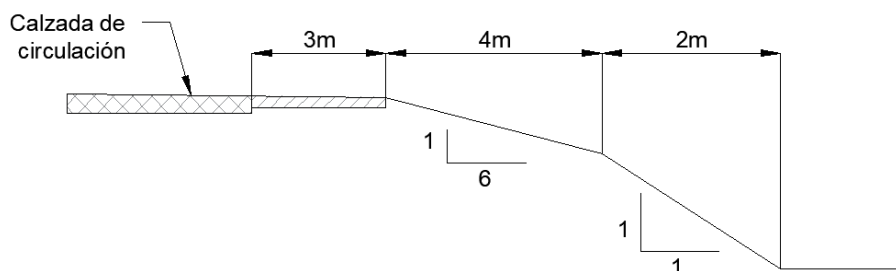
La ZLO considerada debe corresponder a la sugerida para la pendiente más pronunciada antes y después del talud no recuperable.

En este ejemplo, la pendiente 1V:8H al pie del talud no recuperable supone una ZLO de 9 a 10m. Como hay 7m disponibles en la parte superior, se deben proporcionar 2 a 3m adicionales al pie del talud. Luego, se debe optar por 3m de Zona de recuperación ya que este es el mínimo espacio que se debe proveer al pie de terraplenes no recuperables.

Todos los cambios de pendiente deben ser redondeados y no debe haber obstáculos peligrosos antes, durante o después de la pendiente pronunciada.

Ejemplo 4:**Datos del tramo:**

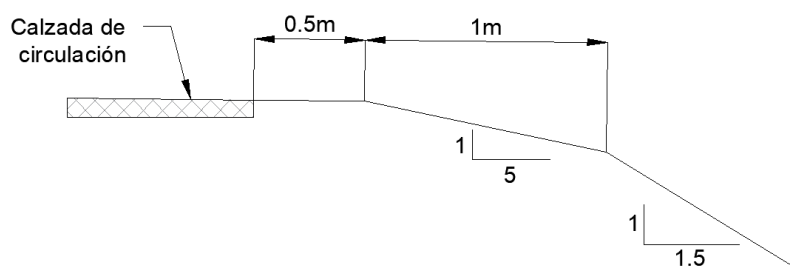
- TPDA: 12000 vpd
- Velocidad de Diseño: 110 km/h
- Pendiente talud al costado de la vía: 1V:6H. ZLO sugerida 9 a 10.5m. (Ver Tabla 4.1)

Figura A.4: Esquema representativo Ejemplo 4 – Aplicación ZLO**Discusión:**

Dado que existe una pendiente crítica, 1V:1H, dentro de la ZLO sugerida, debe aplanarse la pendiente si es posible o debe considerarse la implementación de un sistema de contención.

Ejemplo 5:**Datos del tramo:**

- TPDA: 350 vpd
- Velocidad de Diseño: 60 km/h
- Pendiente talud al costado de la vía: 1V:5H. ZLO sugerida 2 a 3m. (Ver Tabla 4.1)

Figura A.5: Esquema representativo Ejemplo 5 – Aplicación ZLO**Discusión:**

La zona libre de obstáculos disponible es de 1.5m y es de 0.5 a 1.5m menor que la ZLO sugerida. Dado que es una vía de bajo volumen de tránsito, si gran parte de esta carretera tiene una sección transversal similar y no se registra un historial de siniestros significativo, no se recomendaría aplanar la pendiente, ni la implementación de un sistema de contención.

Por otro lado, si la pendiente 1V:5H tuviera 3m de ancho y se cumplen los requisitos de ZLO, pero esta sección presenta una zona libre disponible menor que el resto de la vía y un terraplén muy alto, podría ser apropiado la implementación de un sistema de contención.

Para vías de bajo volumen de tránsito (TPDA ≤ 400), podría no ser posible la implementación de una ZLO de 2m debido a restricciones en los costos, disponibilidad de terreno entre otras. Para estos casos el Capítulo 12 de la RDG (AASHTO, 2011), permite el uso de ZLO menores a 2m de ancho.

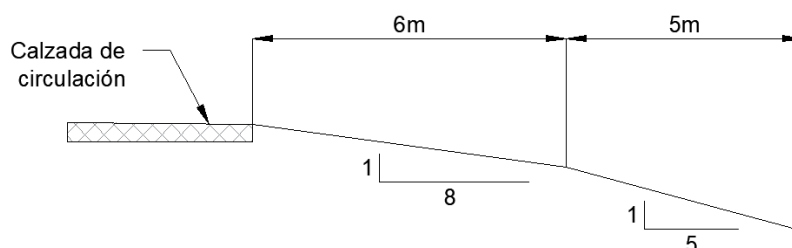
Este ejemplo enfatiza que la ZLO es un valor aproximado y que los obstáculos potencialmente peligrosos individuales deben analizarse en relación con otros obstáculos cercanos.

Ejemplo 6:

Datos del tramo:

- TPDA: 5000 vpd
- Velocidad de Diseño: 100 km/h
- Pendiente talud al costado de la vía: 1V:8H. ZLO sugerida 8 a 9m. (Ver Tabla 4.1)
- Pendiente talud al costado de la vía: 1V:5H. ZLO sugerida 10 a 12m. (Ver Tabla 4.1)

Figura A.6: Esquema representativo Ejemplo 6 – Aplicación ZLO



Discusión:

Dado que el rango para la pendiente más plana es de 8 a 9m y se extiende más allá del comienzo de la pendiente más pronunciada, se debe considerar una ZLO de 9m. Para este caso, considerar el rango de la pendiente más pronunciada de 10 a 12m podría ser conservador, ya que la mayoría del área de la ZLO está en una pendiente más plana. En tal caso podría considerarse el inicio del rango de 10m.

Por lo tanto, un rango apropiado para esta pendiente combinada podría ser de 9 a 10m

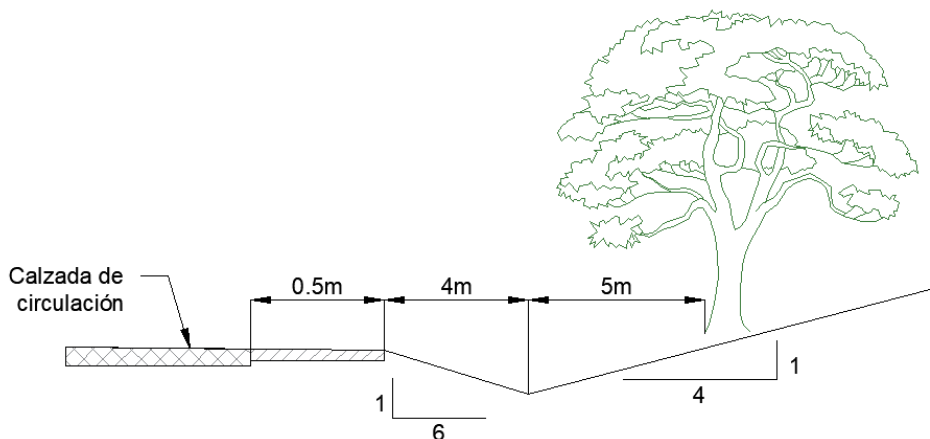
En este ejemplo, sería deseable no tener obstáculos potencialmente peligrosos a lo largo de la pendiente 1V: 5H.

Los obstáculos naturales como árboles o rocas en el pie del talud no se protegerían ni eliminarían. Sin embargo, si la pendiente final es más pronunciada que 1V:4H, se debe considerar una zona de recuperación de 3m al pie del talud.

El equipo proyectista puede optar por limitar la distancia de la ZLO a 9m si esa distancia es consistente con el resto de la carretera y si un análisis de siniestralidad o una investigación del sitio no indican posibles desvíos en esta área.

Ejemplo 7:**Datos del tramo:**

- TPDA: 1400 vpd
- Velocidad de Diseño: 100 km/h
- Pendiente talud al costado de la vía: 1V:6H. ZLO sugerida 6 a 7.5m. (Ver Tabla 4.1)
- Pendiente talud al costado de la vía: 1V:4H. ZLO sugerida 5 a 5.5m. (Ver Tabla 4.1)

Figura A.7: Esquema representativo Ejemplo 7 – Aplicación ZLO**Discusión:**

Para canales con secciones transversales sugeridas en el Capítulo 3.2.4 (AASHTO, 2011), la ZLO puede ser determinada a partir de la Tabla 4.1. Cuando la ZLO sugerida se extiende más allá del cambio de pendiente, la pendiente posterior puede considerarse también como una zona de recuperación disponible. Para este caso, el rango sugerido de ZLO de 6 a 7,5m se extiende más allá del cambio de pendiente.

Por otra parte, la pendiente de contra talud tiene una ZLO sugerida de 5 a 5,5 m, que es menor que la zona sugerida de la pendiente de talud anterior, por lo que se sugiere utilizar un equivalente a las dos distancias. Un rango apropiado para esta pendiente combinada podría ser de 6m a 7m.

Además, no deben ubicarse obstáculos potencialmente peligrosos cerca del centro del canal donde es probable que el vehículo se canalice.

Debido a que el árbol está ubicado más allá de la ZLO, no es necesario eliminarlo. Se debe considerar la posibilidad de eliminar el obstáculo si el mismo es el único objeto fijo cerca de la vía a lo largo de una longitud significativa.

Si los canales de drenaje no tienen una sección transversal recomendada por el Capítulo 3.2.4 (AASHTO, 2011) éstos deben ubicarse fuera de la ZLO o analizar la implementación de un sistema de contención.