



MINISTERIO DE CIENCIA,
INNOVACIÓN, TECNOLOGÍA
Y TELECOMUNICACIONES



COMPENDIO DE PRÁCTICAS

Internacionales para la instalación
de postes de telecomunicaciones

2021



MICITT-DERRT-DRT-NT-0003-2021

Compendio de prácticas internacionales para la instalación de postes de telecomunicaciones

Objetivo

Identificar las mejores prácticas a nivel internacional de las características físicas que deben tener los postes de telecomunicaciones en beneficio tanto del desarrollo adecuado de las actuales y nuevas tecnologías, como de la salud de los habitantes.

Elaborado por:

Brenda Molina Medal

Profesional en Telecomunicaciones

Revisado por:

Elídier Moya Rodríguez

Gerente de Redes de Telecomunicaciones

Autorizado por:

Francisco Troyo Rodríguez

Director de Espectro Radioeléctrico y Redes de Telecomunicaciones

Índice General

1. JUSTIFICACIÓN	1
2. NORMATIVA APLICABLE	3
3. CARACTERÍSTICAS DE LOS POSTES	5
ALTURA DE POSTES E INSTALACIÓN DE EQUIPOS	5
Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo	6
Colombia	7
Estados Unidos	7
Perú	8
Brasil	12
Corea del Sur	13
Recomendaciones ITU – Uso de postes eléctricos	14
MATERIAL DE POSTES DE TELECOMUNICACIONES	15
Norsk Hydro ASA, Noruega	16
Passive safe light poles and support structures	16
Estándar Europeo EN 40	17
Estándar Europeo EN 12767	17
Bergamo, Italia	20
Overijssel, Holanda	21
Safety Product, Bélgica	21
Roadside Safety Design and Devices, Australia	22
Review on Optimization of Vehicle Frontal Crashworthiness for Passenger Safety	23
New Design of Roadside Pole Structure: Crash Analysis of Different Longitudinal Tubes using LS-DYNA	23
4. BIBLIOGRAFÍA	25

Índice de Figuras

Figura 1. Infraestructura tipo Multiuso (Smart Pole)	9
Figura 2. Infraestructura tipo Small Cell	10
Figura 3. Infraestructura tipo Radomo Cilíndrico.....	11
Figura 4. Relación de alturas para mimetizados tipo Rooftop.....	11
Figura 5. Imagen ilustrativa de antenas 5G en postes de luz.....	13
Figura 6. Small cell y distribuidor	13
Figura 7. Distancias mínimas entre equipos de telecomunicaciones y postes de baja potencia	14
Figura 8. Ejemplo de clasificación de un poste de luz según propiedades de rendimiento.....	17
Figura 9. Categorías de postes según su absorción de energía	18
Figura 10: Colapso unidireccional, bidireccional y multi direccional.....	20
Figura 11. Postes IASLP con doble zona de deformación.....	23
Figura 12. Absorción de energía interna para diferentes formas de los postes.....	24

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de infraestructuras Tipo Poste.....	8
Tabla 2. Clasificación de infraestructuras Tipo Greenfield	8
Tabla 3. Clasificación de infraestructura Tipo Rooftop.....	8
Tabla 4. Distancias mínimas entre equipos de telecomunicaciones y conductores de electricidad	14
Tabla 5. Valores ASI y THIV	19
Tabla 6. Velocidad de impacto y velocidad de salida.....	19

TRÁMITE ACTUAL PARA INSTALACIÓN POSTES EN TELECOMUNICACIONES

1. Justificación

La Directriz N° 105-MOPT-MICIT, denominada “Incorporación de avances tecnológicos en obras de infraestructura vial y ferroviaria”, publicada en el Diario Oficial La Gaceta N° 78 del 04 de mayo de 2018, establece en el artículo 1° lo siguiente:

“Artículo 1°—En los procesos de planificación, programación, diseño y ejecución de la conservación, mejoramiento, rehabilitación y construcción de obras de infraestructura vial de la Red Vial Nacional y de obras de infraestructura ferroviaria, las instituciones a cargo considerarán e incorporarán los avances tecnológicos y la infraestructura que resulten necesarios y sean factibles de implementar, en un proceso paulatino a partir de la emisión y difusión de esta directriz, de manera tal que los usuarios de las vías puedan interactuar con tales tecnologías, para mejorar las condiciones de conducción, el acceso a la información en tiempo real, la seguridad vial, la intervención oportuna de las autoridades cuando así se requiera, el empleo de otras fuentes de energía si fuere posible y en general, para procurar una mejor y más eficiente prestación del servicio.”

Asimismo, tales instituciones harán uso de las innovaciones tecnológicas e infraestructura para la optimización y el mejor aprovechamiento de los recursos públicos que se invierten en el Sistema de Transportes.”

Así mismo el artículo 2, establece lo siguiente con respecto a propuestas de normativas jurídicas y técnicas:

“Artículo 2°—Las instituciones a cargo de la gestión de infraestructura vial y ferroviaria elaborarán las propuestas de normativa jurídica y técnica que consideren necesarias, mediante las cuales se les autorice y habilite para incorporar en los proyectos a su cargo, infraestructuras de canalización para redes de telecomunicaciones, de manera que éstas formen parte integral de los proyectos. Para tales efectos coordinarán con el MICITT y demás instituciones del Sector Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones que se estime pertinente.

La normativa a que refiere este artículo deberá brindar los mecanismos de operatividad de esos sistemas, así como las relaciones con los operadores de redes de telecomunicaciones; entre ellas lo relativo al cobro que se realizará a los operadores y proveedores de servicios de telecomunicaciones, interesados en utilizar la infraestructura para desplegar sus redes, de acuerdo con lo establecido en el artículo 79 de la Ley N° 7593 Ley de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.”

De acuerdo con lo anterior, esta nota técnica se elabora en el marco del trabajo realizado desde la Comisión de Coordinación para la Instalación o Ampliación de Infraestructura de Telecomunicaciones- CCIAT (en adelante Comisión de Infraestructura), la cual es presidida por el Viceministro de Telecomunicaciones del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones, bajo el fundamento jurídico de los Decretos Ejecutivos N° 36577-MINAET y N° 38366-MICITT.

Adicionalmente, el informe es elaborado por la Gerencia de Redes de Telecomunicaciones, que de conformidad con el artículo 10 del Decreto Ejecutivo N° 38166, denominado “*Reglamento de organización de las áreas que dependen del Viceministro (a) de Telecomunicaciones del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones*”, de fecha 11 de febrero de 2014, en lo conducente le corresponde:

“Artículo 11.-Atribuciones. Corresponde al Departamento de Redes de Telecomunicaciones las siguientes atribuciones:

(...)

c) Realizar los estudios técnicos relacionados con el desarrollo sostenible de las redes de telecomunicaciones en armonía con la naturaleza.

(...)

f) Elaborar los estudios técnicos que fundamenten el desarrollo de infraestructura de telecomunicaciones.”

Por lo tanto, este documento aporta elementos técnicos en el marco de la mencionada directriz, así como para la discusión y análisis al seno de la comisión de infraestructura, con respecto a las características que se deben promover en la infraestructura tipo poste.

2. Normativa aplicable

En la actualidad, está vigente el Reglamento de Construcciones del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) (2018), por medio del cual, en su capítulo XXII se establecen tanto definiciones como lineamientos relacionados con la infraestructura para el soporte de redes de telecomunicaciones; las cuales son entendidas como torres y postes, sin perjuicio de otra infraestructura que determine la municipalidad o el ente competente (INVU, 2018).

Entre sus artículos presenta las condiciones tanto para el diseño de torres como de postes de telecomunicaciones, estableciendo lo siguiente:

“Artículo 394.- Toda instalación de infraestructura para el soporte de redes de telecomunicaciones de torres con una altura igual o mayor a 30,00 m, debe permitir la colocalización de al menos 3 emplazamientos, con la finalidad de garantizar el uso compartido. Lo anterior salvo que por razones técnicas justifiquen apartarse de este parámetro.

Las torres pueden ser mimetizadas o camufladas para mermar el impacto visual, lo cual debe ser coordinado con la municipalidad y los operadores, previa autorización de DGAC” (p.169-170).

“Artículo 397.- El poste de telecomunicaciones debe ser construido siguiendo las consideraciones del CSCR y sus reformas o la normativa que lo sustituya.

Su instalación no debe afectar la infraestructura ya instalada en el sitio, como la de tuberías de agua potable, redes de electricidad, fibra óptica, entre otros.

La altura máxima del poste es de 24 m sin incluir el pararrayo, con la capacidad de albergar 2 emplazamientos; esta puede ser menor, cuando se encuentre en una zona de aproximación de un aeropuerto, y DGAC así lo indique” (p.170-171).

Entre sus artículos no se identifican lineamientos relacionados con las características que deben presentar los postes de telecomunicaciones para minimizar el efecto que se puede generar en los pasajeros de un vehículo en la eventualidad de que impacte esta infraestructura, así como de los entes secundarios a la colisión, como peatones, ciclistas, entre otros, lo cuales pueden sufrir diferentes tipos de lesiones.

La instalación de antenas en postes es un tema relativamente nuevo en Costa Rica, pues la competencia en telefonía móvil data del año 2011, con ingresos de nuevos operadores en el mercado, lo cual podría ser el motivo por el cual se identifica poca regulación al respecto. Además de lo establecido en el Reglamento de Construcciones, destaca como parte de la normativa municipal la de dos gobiernos locales. El caso de **Montes de Oca**, que en su artículo 16 establece que:

“(…) Para el caso de las estructuras soportantes en las aceras, se debe evitar que se quiebren por falla frágil ante cualquier impacto, proveyéndoles la propiedad de falla dúctil o doblamiento. Por lo tanto, en el caso de postes de concreto o estructuras de comportamiento similar, deben incorporar núcleos tubulares de metal para promover su falla dúctil.”

Por su parte, el gobierno local de **Curridabat** en el artículo 7 de su Reglamento establece que:

“4. Los materiales prevalecientes deben ser el acero galvanizado y el aluminio. Los postes deben ser huecos para colocar por dentro los cables. El gabinete deberá instalarse siempre de forma paralela a la vía, adosado al poste o a cualquiera de sus lados, enfrentando la vía. En caso necesario la radiobase podrá instalarse en una cabalidad construida al efecto bajo el bien público municipal. El conjunto debe contar con pararrayos.”

Además, entre otras reglamentaciones relacionadas con la infraestructura de telecomunicaciones, se encuentra la emitida por el Ministerio de Hacienda, publicada por la Dirección General de Tributación (2020), la cual, establece el procedimiento para la fijación del canon del arrendamiento por la construcción y operación de redes públicas de telecomunicaciones y del canon por el uso de bienes de dominio público para la instalación de la infraestructura de telecomunicaciones.

En el capítulo IV, se presenta el procedimiento para la fijación del canon, donde se indican las fórmulas para el cálculo de la suma total de las áreas de los postes en la zona homogénea (ZH) que se vayan a instalar; la fórmula para calcular el monto total del canon del arrendamiento anual de los postes y sus accesorios en una zona homogénea en las áreas municipales; y la fórmula para calcular el monto anual del canon del arrendamiento en las áreas SINAC de patrimonio natural del Estado.

Por su parte, en el capítulo V relacionado a la solicitud de peticionario se indica:

“Artículo 16.- Solicitud de uso del bien público en las áreas municipales. El peticionario deberá presentar el documento de solicitud ante la corporación municipal competente, para lo cual aportará la siguiente información:

- 1. Solicitud por escrito de la petición firmada por el representante legal o responsable.*
- 2. Personería jurídica al día.*
- 3. Poder especial en caso de requerirse.*
- 4. El plano topográfico correspondiente al área donde se ubicará cada poste y los accesorios de telecomunicaciones”.*

“Artículo 17. - Solicitud de uso del bien público en las áreas del SINAC y del Patrimonio Natural del Estado. El peticionario deberá presentar el documento de solicitud ante el SINAC, para lo cual aportar la siguiente información:

- 1. Solicitud por escrito de la petición firmada por el representante legal o responsable*
- 2. Personería jurídica al día.*
- 3. Poder especial en caso de requerirse*
- 4. El plano topográfico indicando las áreas en donde se colocarán las infraestructuras de telecomunicaciones para determinar el monto del canon del arrendamiento. Cuando se localicen algunas áreas de traslape en las que se ubiquen infraestructuras de telecomunicaciones que pertenecen a diferentes permisionarios, entonces, el plano topográfico deberá indicar el área traslapada y la proporción correspondiente de cada permisionario”.*

Altura de Postes e Instalación de Equipos

Características de Postes



En la revisión documental de buenas prácticas, en relación con la infraestructura pasiva de telecomunicaciones (postes y/o torres), se encuentra que organizaciones como la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC); la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo; y los organismos estatales de algunos países, están trabajando para que los municipios no creen reglamentaciones que impidan el despliegue de infraestructura necesaria para la tecnología de quinta generación de redes inalámbricas (5G), la cual, requiere de la instalación de un mayor número de antenas y por ende de infraestructura pasiva para su soporte.

Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo

Por su parte la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, establece el Código Europeo de las Comunicaciones Electrónicas (2018) por medio del cual, en su artículo 57 titulado *Implantación y explotación de puntos de acceso inalámbrico para pequeñas áreas*, indica:

- Las autoridades competentes no restringirán indebidamente la implantación de puntos de acceso inalámbrico para *small cells*. Los Estados miembros tratarán de garantizar que las normas que rijan la implantación de puntos de acceso inalámbrico para pequeñas áreas guarden coherencia a nivel nacional. Dichas normas se publicarán con anterioridad a su aplicación.
- La Comisión, mediante actos de ejecución, especificará las características físicas y técnicas, tales como el tamaño máximo, el peso y, en su caso, la potencia de emisión de puntos de acceso inalámbrico para las *small cells*.
- Los Estados miembros, aplicando cuando sea pertinente los procedimientos adoptados de conformidad con lo dispuesto en la Directiva 2014/61/UE, garantizarán que los operadores tengan derecho a acceder a cualquier infraestructura física controlada por autoridades nacionales, regionales o locales que sea técnicamente apta para acoger puntos de acceso inalámbrico para *small cells* o que sea necesaria para conectar dichos puntos de acceso a una red troncal, en particular mobiliario urbano, como postes de luz, señales viales, semáforos, vallas publicitarias, paradas de autobús y de tranvía y estaciones de metro. Las autoridades públicas satisfarán todas las solicitudes razonables de acceso en el marco de unas condiciones justas, razonables, transparentes y no discriminatorias, que serán hechas públicas en un punto de información único. (p.143-144)
- Es evidente que las disposiciones de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo no son aplicables u obligatorias para Costa Rica; sin embargo, son un referente importante, que debe ser considerado para mantener y fomentar un ágil despliegue de infraestructura, en beneficio de los habitantes y visitantes del país.

Colombia

De igual manera, en Colombia, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) (2020), por medio de su Código de Buenas Prácticas al Despliegue de Infraestructura, menciona que no se debe de prohibir la instalación de infraestructura soporte y de antenas en diferentes áreas del municipio, ya que esto puede generar una limitación al despliegue de infraestructura impidiendo que se cumplan las condiciones técnicas requeridas para satisfacer la demanda de telecomunicaciones.

Aunado a lo anterior, dicho Código recomienda que, en caso de requerir incluir límites de altura de la infraestructura de soporte para servicios de telecomunicaciones, se remita a la reglamentación establecida en los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC) y demás normas dispuestas para tal fin por la Aeronáutica Civil. (p.32)

Estados Unidos

En tanto, la FCC por su parte, presenta en el 2018 la regulación para eliminar los impedimentos reglamentarios para el despliegue de 5G, en donde se presenta una guía de las consideraciones y regulaciones para las autoridades locales de América Latina. Se menciona que las estimaciones predicen que más del 80 % de todas las nuevas implementaciones en el futuro serán *small cells*, para las cuales establece:

- Las *small cells* son definidas como una instalación que cumple con las siguientes condiciones:
 - La estructura en la que se montan las instalaciones de la antena:
 - Tiene 50 pies (15 m) o menos de altura, o
 - No es más del 10 por ciento más alta que otras estructuras adyacentes, o
 - No se extiende a una altura de más del 10 por ciento por encima de la altura preexistente como resultado de la colocación de nuevas instalaciones de antena; y
 - Cada antena (excluyendo el equipo de antena asociado) no tiene más de tres pies cúbicos de volumen; y
 - Todos los equipos de antena asociados con la instalación (excluyendo las antenas) no acumulan más de 28 pies cúbicos de volumen; y
- Estructura significa un poste, una torre, una estación base u otro edificio, ya sea que tenga o no una instalación de antena existente, que se use o se vaya a usar para la prestación de servicios inalámbricos personales (ya sea por sí solo o con otro tipo de servicios). (p.79)

Además, en años anteriores, la FCC presentaba un valor de 37,5 pies (11,43 m) como altura típica de los postes de telecomunicaciones, de los cuales 24 pies (7,32 m) son inutilizables y los restantes 13,5 (4,11 m) pies serían los utilizados para la instalación de los equipos.

Perú

Por otro lado, en Perú, se presenta el Decreto Supremo N°004-2019-MTC (2019), en donde se modifican diversos artículos y el Anexo 2 del Reglamento de la Ley N°29022, Ley para el Fortalecimiento de la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones, con el fin de actualizar dicha ley a las nuevas tendencias, por ejemplo: el uso de *small cell*.

En el Anexo 2, incorporan la altura máxima que deben presentar los postes o torres según su clasificación y el modelo, lo anterior se muestra en la *Tabla 1*, *Tabla 2* y *Tabla 3*.

Tabla 1. Clasificación de infraestructuras Tipo Poste

Tipo de Infraestructura	Modelo de Mimetización		Altura Máxima
Poste	SP-1	Multiuso (<i>smart pole</i>)	15 metros
	SC-1	<i>Small Cell</i>	15 metros

Tabla 2. Clasificación de infraestructuras Tipo Greenfield

Tipo de Infraestructura	Modelo de Mimetización		Altura Máxima
Greenfield	G-6	Árbol	30 metros
	G-1	<i>Monopolio o con radomo cilíndrico</i>	30 metros
	G-2	<i>Panel Publicitario</i>	30 metros
	G-3	<i>Campanario</i>	21 metros
	G-4	<i>Tri Tower</i>	21 metros
	G-5	<i>Tanque de agua elevado</i>	30 metros

Tabla 3. Clasificación de infraestructura Tipo Rooftop

Tipo de Infraestructura	Modelo de Mimetización		Altura Máxima
Rooftop	R-1	Cercos Perímetros	6 metros
	R-2	<i>Integradas en fachadas</i>	
	R-3	<i>Paneles de Lamas</i>	
	R-5	<i>Tanque de agua</i>	
	R-6	<i>Combinado fachada y paneles de Lamas</i>	
	R-7	<i>Chimenea</i>	
	R-8	<i>Mástiles Tubulares</i>	

Además, como se presenta en la *Tabla 1*, se tienen dos tipos de postes: Multiuso o *Smart Pole* y *Small Cell*, ambos recomendados para la instalación en avenidas, calles, intersecciones y carreteras. Para cada uno se presentan las características permitidas, ilustradas en la *Figura 1* y *Figura 2*.

Características

1. El modelo incluye además de la antena, la instalación de cámaras de vídeo vigilancia, pantallas digitales y/o alguno de los siguientes elementos: sensores, iluminación inteligente, antena WiFi, botón de pánico, entre otros, conectados mediante fibra óptica a una estación centralizada de la empresa Operadora.
2. El modelo considera la instalación de postes de forma cilíndrica o cónica de acero galvanizado, concreto, poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).
3. La altura máxima es de 15 metros medidos desde el nivel del suelo. Incluyendo la antena.
4. La antena mimetizada de fábrica tendrá una altura máxima de tres (03) metros.
5. No considera el uso de antenas microondas o similares.
6. La construcción de la caseta para equipos y/o gabinetes de telecomunicaciones serán soterrados en su totalidad, incluyendo los gabinetes de energía y climatización. Excepto en los casos presentados en la Parte IV del Anexo.
7. Todo cableado de fibra óptica, coaxial y/o energía no deberá ser visible. El cableado debe ir por dentro del poste y por canalización subterránea.



Figura 1. Infraestructura tipo Multiuso (Smart Pole)

Características:

1. El modelo considera la instalación de postes de forma cilíndrica o cónica, de concreto armado, acero galvanizado, políéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) u otro material.
2. La altura máxima del poste es de 12 metros medidos desde el nivel del suelo. Sin incluir la antena.
3. El modelo considera la instalación de una antena mimetizada de fábrica de longitud máxima de tres (03) metros.
4. El modelo considera conexiones de Fibra Óptica subterránea como medio de transmisión. No considera el uso de antenas microondas similares. Respecto al uso de postes de concreto, se permitirá el uso de cables adosados pero cubiertos con un protector.
5. La construcción de la caseta para equipos y/o gabinetes de telecomunicaciones serán soterrados en su totalidad, incluyendo los gabinetes de energía y climatización. Excepto en los casos presentados en la Parte IV del Anexo.
6. Todo cableado de fibra óptica, coaxial y/o energía no deberá ser visible por fuera del poste.
7. El modelo podrá incluir la instalación de luminarias.

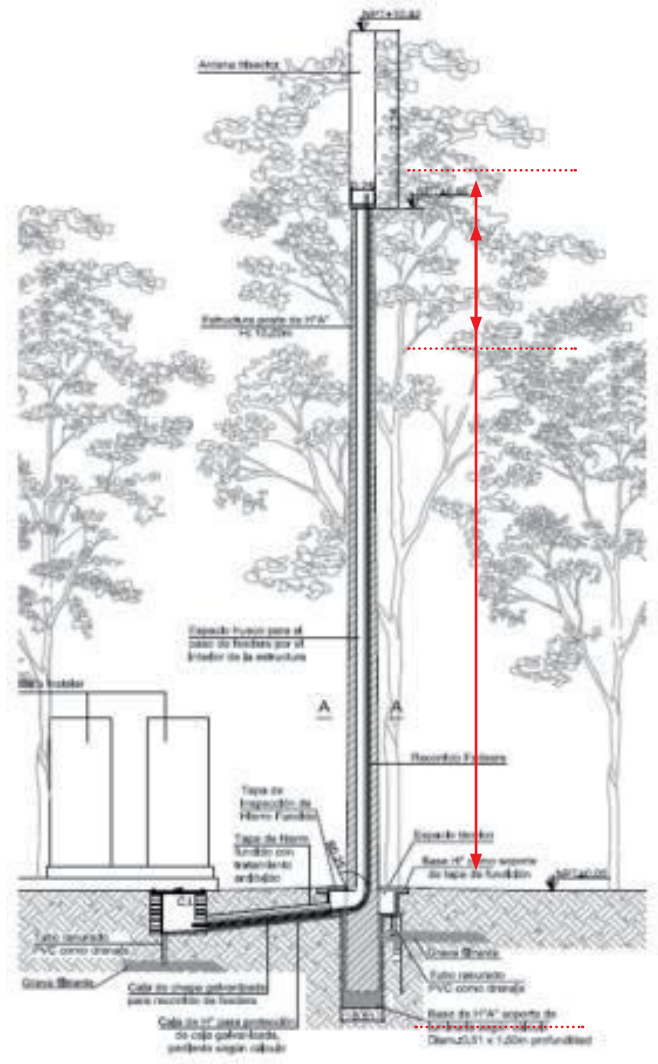


Figura 2. Infraestructura tipo Multiuso (Smart Pole)

También se muestran las características permitidas para infraestructura *greenfield* en los siguientes tipos:

- **Mimetización tipo árbol:** altura máxima de 30 m contando la antena.
- **Monopolo con radomo cilíndrico:** altura máxima de 30 m contando la antena (ver Figura 3).
- **Mimetizado tipo panel publicitario:** altura máxima de 30 m contando la antena.
- **Mimetizado tipo campanario:** altura máxima de 21 m.
- **Mimetizado tipo tri tower:** altura máxima de 21 m.
- **Mimetizado tipo tanque de agua elevado:** altura máxima de 30 m contando la antena.

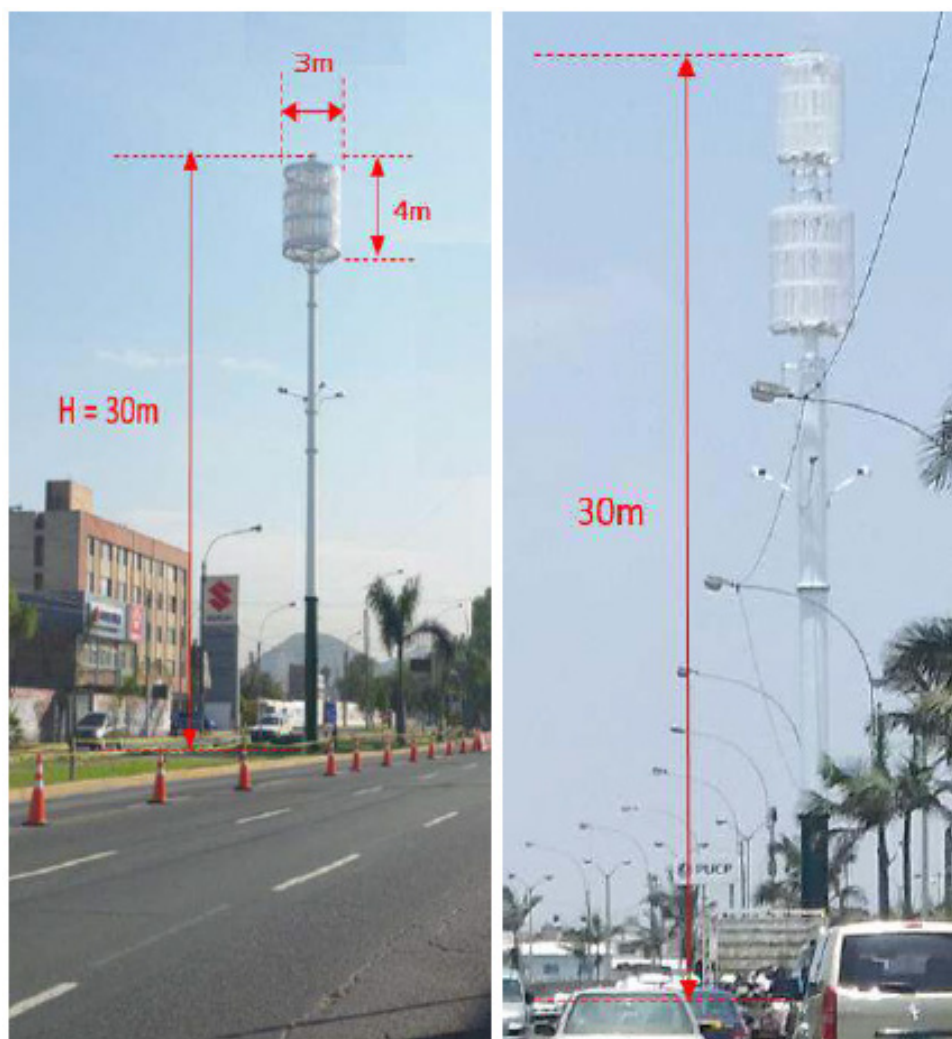


Figura 3. Infraestructura tipo Radomo Cilíndrico

En relación con la infraestructura tipo rooftop en la Figura 4 se muestra lo establecido.



Figura 4. Relación de alturas para mimetizados tipo Rooftop

Brasil

En diciembre del año 2020, en Río de Janeiro, Brasil, se aprobó la Ley N°3328, la cual presenta un programa para estimular la implementación de tecnologías de conectividad móvil en el estado de Río de Janeiro, para visibilizar la llegada de la tecnología 5G. De manera que plantea los siguientes objetivos:

- “ I - estimular la implantación de tecnologías de conectividad 4G y 5G para promover un entorno favorable a la economía digital y el desarrollo económico del Estado de Río de Janeiro;
- II- promover el debate sobre los beneficios e impactos derivados de la llegada de la tecnología 5G;
- III - impulsar la modernización de las leyes locales que se ocupan de la implantación de infraestructura de telecomunicaciones para permitir la actualización tecnológica de las redes;
- IV - cooperar con las entidades municipales para alinear las leyes locales con el marco legal y regulatorio que se ocupa de la implementación de la infraestructura de telecomunicaciones;
- V - desarrollar estrategias para modernizar los procesos de licenciamiento de infraestructuras de telecomunicaciones con el fin de estimular su implementación y regularización, además de atraer inversiones en el Estado de Río de Janeiro;
- VI - crear un entorno propicio para la expansión de la conectividad a las áreas periféricas de los grandes centros urbanos de Río de Janeiro.”

Entre las definiciones que presentan, se describe una *small cell* como:

“aquella que presenta dimensiones físicas reducidas y capaz de cumplir con los criterios de bajo impacto visual tales como:

- (i) Estación Transmisora de Radiocomunicaciones (ETR) cuyo equipamiento esté armonizado, enterrado u oculto en obras de arte, mobiliario o equipamiento urbano; y / o*
- (ii) los instalados en postes de energía o alumbrado público, estructuras de soporte para señalización vial, camufladas o armonizadas en fachadas de edificios residenciales y / o comerciales, de bajo impacto, sustentable, estructura ligera y / o postes armonizados que agregan equipos ETR en su interior. ;*
- (iii) ETR cuya instalación no dependa de la construcción civil de nuevas infraestructuras de apoyo o no implique la alteración de la edificación existente en el sitio;*

En cuanto a las restricciones de instalación y ocupación de suelo, en su artículo 11 presentan tres lineamientos para la implementación de las ETR:

- “I - Reducción del impacto paisajístico, siempre que sea técnicamente posible y económicamente factible, en los términos de la legislación federal;*
- II- Priorizar el uso de los equipos de infraestructura ya existentes, como las redes de alumbrado público, los sistemas públicos de videovigilancia, la distribución de energía y el mobiliario urbano; y*
- III - priorización de la compartición de infraestructura en el caso de implantación en torres de telecomunicaciones y sistema de azotea.”*

Con lo anterior, se puede decir que, por medio de la ley mencionada, el estado de Río de Janeiro está incentivando a utilizar infraestructura existente para la instalación de nuevas antenas, promoviendo su montaje en postes de luz, postes CCTV, postes eléctricos e inmobiliario urbano, con el fin de minimizar el impacto paisajístico.

Corea del Sur

En tanto a Corea del Sur, primer país en implementar 5G, Samsung Electronics (2020) menciona que la mayoría de las antenas se instalan en techos debido a que en la actualidad no se cuentan con espacios adecuados para construir nuevas torres; también, se utilizan los espacios de torres ya existentes con la instalación de equipo compacto y delgado.

En general, se habla de instalación de antenas para 5G principalmente en postes de luz (ver Figura 5), además de semáforos, paradas de buses y en lo alto de los edificios; con respecto a este último punto, recomiendan habilitar edificios públicos para la instalación de infraestructura.

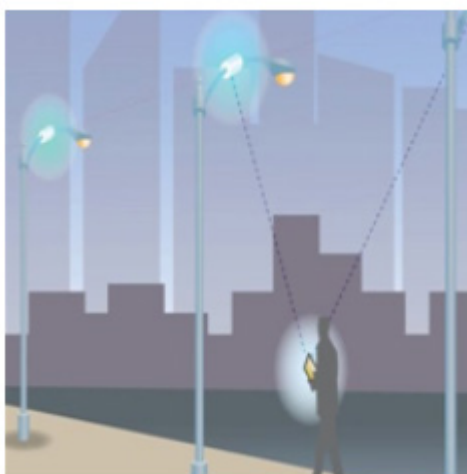


Figura 5. Imagen ilustrativa de antenas 5G en postes de luz

Según el informe de la ITU (2018), Sentando las bases para 5G, la instalación de antenas suele ir acompañada de un distribuidor en la vía pública, en el cual se instala el equipo radioeléctrico del operador y los sistemas de energía y conectividad (ver Figura 6). Dado a que se podría adoptar este diseño, es necesario que si existen regulaciones en los municipios en relación con la instalación de gabinetes en vía pública, estos no deberían de ser un obstáculo para el despliegue de redes 5G.



Figura 6. Small cell y distribuidor

Recomendaciones ITU – Uso de postes eléctricos

En el caso que las antenas se requieran instalar en los postes de energía, la ITU (2016) en su recomendación ITU-T K.109 presenta las distancias mínimas recomendadas entre los equipos de telecomunicaciones y los conductores de electricidad, con el fin de reducir la probabilidad de accidentes. Lo planteado se muestra en la *Tabla 4*, así como un ejemplo ilustrado en la *Figura 7* para postes de baja tensión.

Tabla 4. Distancias mínimas entre equipos de telecomunicaciones y conductores de electricidad

Nominal voltage (kV)		Minumum clearance (m)	
AC	DC	Insulated conductor	Bare conductor
$V_N \leq 1$ ⁽¹⁾	$V_N \leq 1.5$ ⁽¹⁾	0.5	1.0
$1 < V_N \leq 15$	$1.5 < V_N \leq 23$	1.0	1.5
$15 < V_N \leq 25$	$23 < V_N \leq 28$	1.5	2.0
⁽¹⁾ Low-voltage			

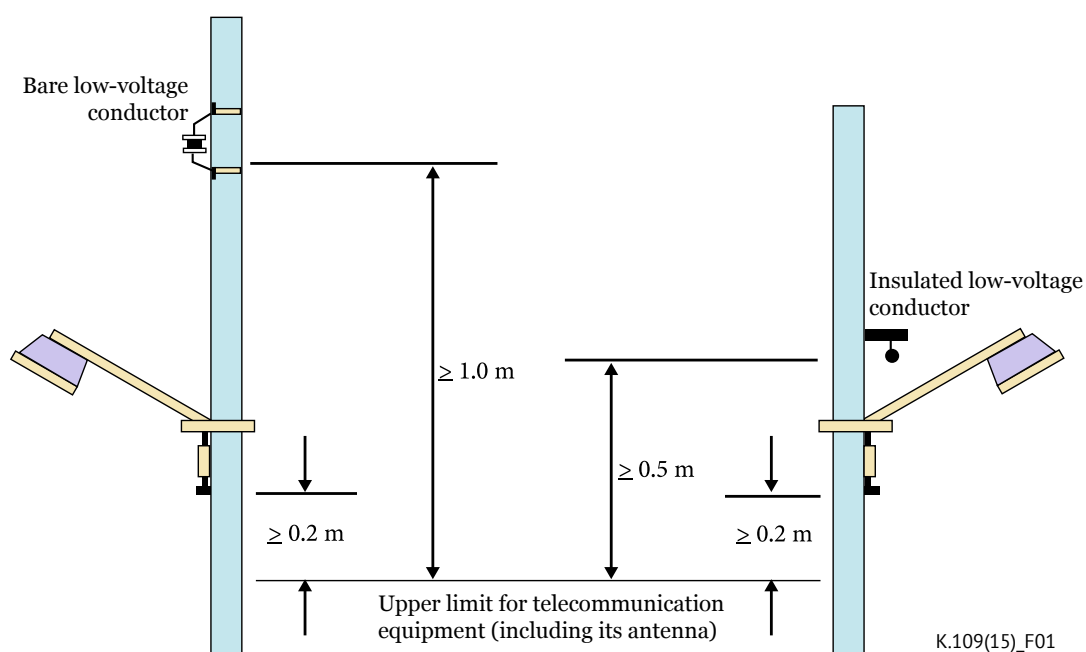


Figura 7. Distancias mínimas entre equipos de telecomunicaciones y postes de baja potencia

De igual manera, la FCC (2011) en su informe: *Report and order and order on reconsideration* hace referencia al Código Nacional de Seguridad Eléctrica (NESC), el cual indica que se requieren 40 pulgadas (1 metro) de distancia entre los conductores eléctricos y los equipos de telecomunicaciones.

Material de Postes de Telecomunicaciones



Debido a que los postes de telecomunicaciones deben de ser instalados cerca de carreteras donde transitan gran cantidad de vehículos, es importante identificar buenas prácticas a nivel mundial, en cuanto a las características físicas que deben presentar los postes para minimizar los riesgos tanto de los ocupantes de un vehículo como de los peatones, ciclistas o algún otro obstáculo presente a la hora de una colisión. Por tanto, a continuación, se presentan estudios de diferentes países u organizaciones en beneficio de documentar lo anterior descrito. El objetivo de la revisión documental es identificar estándares, empresas, países, y, en general, mejores prácticas relacionadas con el material utilizado para la instalación de postes.

Norsk Hydro ASA, Noruega

La empresa Norsk Hydro ASA de Noruega produce los llamados postes de seguridad pasiva, los cuales son postes de aluminio que según esta empresa: salvan vidas, ya que indican que este tipo de postes reduce el riesgo de lesiones después de una colisión. Dicha empresa ha realizado pruebas de choques a sus postes de aluminio desde la década de 1970, por lo que asegura que el conocimiento adquirido los ha llevado a obtener una gran cantidad de soluciones seguras y sostenibles.¹

Los postes que producen dependen de la necesidad del cliente, estos pueden ser: postes de luz, postes para señales de tránsito, postes publicitarios o postes de CCTV. Para todas las necesidades se fabrican 3 tipos de postes según su absorción de energía: HE, LE y NE; y su producción se rige bajo el cumplimiento de los estándares solicitados en Europa: EN 12767 Seguridad pasiva de las estructuras soporte del equipamiento de la carretera, para pruebas de choques y el estándar EN 40/EN 12899 para su certificación. Debido a su mencionada experiencia en pruebas de choques, la empresa Hydro (2021) contribuyó a la creación del *Whitpaper passive safety*, el cual se comenta a continuación.

Passive safe light poles and support structures

En el mencionado documento técnico presentan, entre otras cosas, los estándares antes mencionados, los cuales son actualizados aproximadamente de cada 5 a 10 años, en el caso del estándar 12767, su más reciente publicación es del año 2019.

En Europa el estándar de seguridad utilizado para postes de luz es el EN 40, el cual debe de estar acompañado por una prueba de choque que responda al estándar EN 12767. A pesar de que se habla de postes de luz, el material recopilado es de suma importancia ya que como se presentó en el apartado anterior, la tendencia a nivel mundial es la instalación de antenas en este tipo de postes o en los llamados *small cells* que, por sus características, pueden responder a este tipo de estándares.

1 <https://www.hydro.com/en/aluminium/products/poles/safety-poles/>. Recuperado en marzo del 2021, de la empresa Norsk Hydro ASA: www.hydro.com

Estándar Europeo EN 40

El presente estándar es la norma europea de acato obligatorio para la fabricación de postes de luz, y está compuesta de las siguientes secciones:

- **EN 40-1** Términos y definiciones.
- **EN 40-2** Medidas y requisitos generales.
- **EN 40-3** Diseño y verificación.
 - **EN 40-3-1** Especificación para cargas características.
 - **EN 40-3-2** Verificación por pruebas.
 - **EN 40 3-3** Verificación por cálculo (cumplimiento de requisitos técnicos de resistencia, calculando una vida útil de 25 a 50 años).
- **EN 40-4** Postes de luz de concreto
- **EN 40-5** Postes de luz de acero
- **EN 40-6** Postes de luz de aluminio
- **EN 40-7** Postes de luz de materiales compuestos

Estándar Europeo EN 12767

El objetivo del estándar EN 12767 es poder comparar productos en relación con soluciones de seguridad pasiva, de forma que provee una base común para las pruebas de choque contra objetos o estructuras de soporte para equipos de carretera. Además, el presente estándar es del tipo: seguridad pasiva, y es referida tanto en la norma EN 40 como en la norma EN 12899, esta última, está relacionada a estructuras de soporte como postes con señales de tránsito.

A continuación, se describen las 7 especificaciones o propiedades de rendimiento que se presentan en el estándar EN 12767, para ser consideradas en las pruebas de choque; además, en la *Figura 8* se muestra un ejemplo de la forma como deben de ser presentadas estas características según el poste fabricado. Cabe indicar, que no todas las propiedades de rendimiento deben de ser especificadas (en este caso se utiliza la nomenclatura: NR (Sin Requisitos)), sino que se indicarán solamente aquellas que apliquen para el tipo de poste producido. Además, debido a que existen diferentes clasificaciones, **Hydro (2021) menciona que no existe un poste específico en cuanto a seguridad, sino que esto depende de variables como los límites de velocidad y obstáculos en la vía como muros o peatones (p. 20).**

100	HE	C	S	NS	MD	0
Impact speed 50/70/100	Energy absorption category NE/LE/HE	Occupant safety level A / B / C / D / E	Backfill type S / R / X	Collapse mode NS / SE	Direction class SD / BD / MD	Risk of roof indentation 0 / 1

Figura 8. Ejemplo de clasificación de un poste de luz según propiedades de rendimiento

Especificaciones o propiedades de rendimiento:

1. Velocidad de impacto

Pruebas de alta velocidad (100 km/h, 70 km/h, 50 km/h) y pruebas de baja velocidad (35 km/h)

2. Categoría de absorción de energía

Se divide en 3 categorías (ver Figura 9):

- **Alta absorción de energía (HE):** Este tipo de postes son recomendados cuando se tienen obstáculos cerca y no es posible o deseable usar barreras de protección. La anterior recomendación es debido a que desaceleran en mayor medida el vehículo, sin embargo, por lo general, son los que causan el mayor daño a los automóviles, lo que puede resultar en un peligro secundario para los ocupantes.
- **Baja absorción de energía (LE):** Este tipo de postes suele doblarse debajo del vehículo, antes de romperse o derribarse, son postes muy rentables según indican.
- **Sin absorción de energía (NE):** Este tipo de postes permite que después de la colisión el vehículo continúe con una velocidad reducida, minimizando la posibilidad de lesiones de los ocupantes, pero dada a sus características, aumenta el riesgo de provocar un accidente secundario si hay algún obstáculo detrás del poste. Debido a lo anterior, los NE postes NO se recomiendan en carreteras transitadas por peatones, ciclistas o con obstáculos cerca como árboles.

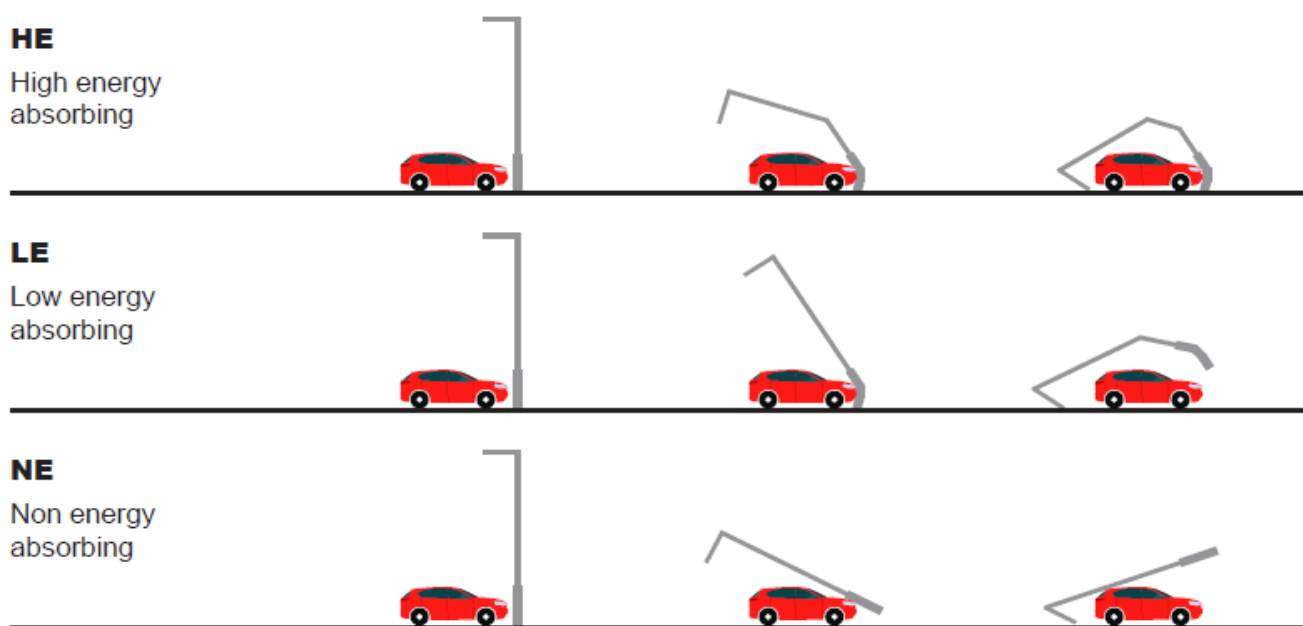


Figura 9. Categorías de postes según su absorción de energía

3. Nivel de seguridad de los ocupantes

Esta especificación es expresada en dos valores:

- **Índice de gravedad de la aceleración (ASI):** Indica la desaceleración del vehículo después de la colisión. Si el valor establecido ASI no es superado en una prueba de choque, significa que los ocupantes no sufrirán lesiones graves.
- **Velocidad Teórica de Impacto de la Cabeza (THIV):** Indica la velocidad con la cual la cabeza de los ocupantes golpea el *dashboard*, los niveles van de la A a la E, donde A es el valor más seguro para los ocupantes, no obstante, no es logable para el tipo de postes en cuestión.

En la *Tabla 5* se presentan los valores ASI y THIV para los diferentes tipos de poste según su absorción de energía, y en la *Tabla 6* se muestran los valores de la velocidad de salida de los vehículos después de colisionar con un poste, según la velocidad de impacto.

Tabla 5. Valores ASI y THIV

Performance level	Occupant safety level	Speeds			
		Compulsory low-speed test 35km/h		Speed class 50 km/h, 70 km/h and 100 km/h	
		Maximum values		Maximum values	
		ASI	THIV Km/h	ASI	THIV Km/h
HE / LE / NE	E	1,0	27	1,4	44
HE / LE / NE	D	1,0	27	1,2	33
HE / LE / NE	C	1,0	27	1,0	27
HE / LE / NE	B	0,6	11	0,6	11
NE	A	NO requirements		No ASI and THIV measurements	

Tabla 6. Velocidad de impacto y velocidad de salida

Impact speed (km/h)	50	70	100
Performance level	Exit-speed= V_e (km/h)		
HE	$V_e = 0$	$0 \leq V_e \leq 5$	$0 \leq V_e \leq 50$
LE	$0 < V_e \leq 5$	$0 < V_e \leq 30$	$50 < V_e \leq 70$
NE	$5 < V_e \leq 50$	$30 < V_e \leq 70$	$70 < V_e \leq 100$

4. Tipo de relleno

Se presentan tres tipos de relleno:

- **Tierra (S):** Suelo estandarizado de cierta composición y densidad.
- **Rígido (R):** Su instalación es en base de concreto.
- **Otros (X):** Todo aquel terreno que no entre en las categorías anteriores, por ejemplo: arcilla. El tipo X no se define dentro del estándar debido a este puede diferir según el fabricante.

5. Modo de colisión

Se incluyen dos tipos: Separación (SE) y Sin Separación (NS), lo cual indica si el poste se separa o no del suelo una vez que se da la colisión.

6. Dirección de colapso

Indica el ángulo en el que el poste puede ser colapsado reduciendo el grado de impacto (ver *Figura 10*), entre sus clasificaciones están:

- **Unidireccional (SD):** Ángulo de 20° para colapso seguro.
- **Bi Direccional (BD):** Ángulos de 20° y 160° para colapso seguro.
- **Multi Direccional (MD):** Pueden ser colapsados desde cualquier ángulo.

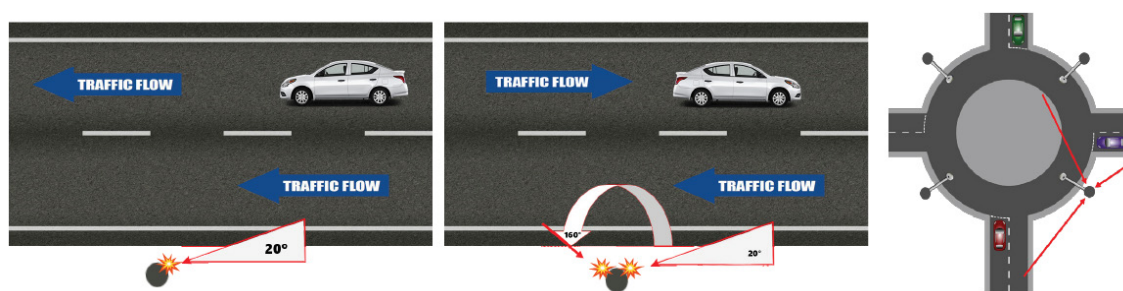


Figura 10: Colapso unidireccional, bidireccional y multi direccional

7. Riesgo de hendidura en el techo

Se divide en clase 0 (no es sensible a deformaciones) y 1 (sensible a deformaciones), con un límite entre ellos de 102 mm, el cual dado de acuerdo con el Estándar Americano de Seguridad Pasiva (MASH).

Entre más alto sea el nivel de absorción de energía del poste, mayor es el riesgo de hendidura del techo.

Bergamo, Italia

Por otra parte, según publicaciones de Hydro (2020), la Provincia de Bergamo en Italia ha instalado en la ciudad de Caravaggio 181 postes de aluminio de seguridad pasiva, pasando de los tradicionales postes de luz de acero a postes de aluminio, lo cual, también ha sido de ejemplo para la provincia de Pordenone, en donde se encargaron 200 postes de aluminio cónico para las rotondas de las calles urbanas. Lo anterior contribuye al compromiso que hizo Italia para el 2020 de hacer sus carreteras más seguras, según indica el artículo.

Además, el ingeniero Alain Mazzocchi, trabajador de la provincia en mención, indica que este tipo de postes no son un obstáculo, sino que son autoprotegidos en el sentido que son seguros para los ocupantes de un vehículo en caso de colisión.

Overijssel, Holanda

Por su lado, Hydro (2020) indica que, en la provincia de Overijssel en Holanda, también se están instalando los postes de seguridad pasiva Hydro en la innovadora carretera N737. En dicha provincia se utiliza esta tecnología para postes de luz desde hace 20 años, iniciando con postes tipo NE, luego los LE y desde el año 2016 los HE, con el fin de evitar accidentes secundarios, ya que estos últimos se quedan fijos al terreno una vez dada la colisión; además, por su propiedad de absorción de energía, logran reducir la velocidad del vehículo.

Según la empresa Hydro, el aluminio por su naturaleza ya es un material seguro, y entre sus ventajas mencionan:

- No se requiere instalarlos a grandes distancias de las carreteras por la seguridad que presentan en caso de colisiones.
- Reciclable y resistente a corrosión.
- Bajo costo de mantenimiento.
- Práctico para la instalación debido a su peso liviano.
- Presenta propiedades de absorción de energía, convirtiéndolos en materiales más seguros ante colisiones.

Safety Product, Bélgica

En Bélgica, la empresa *Safety Product* fabrica los llamados ZIPpole, los cuales son postes de acero que, según la organización, presentan ventajas extra en relación con seguridad pasiva. Además, su fabricación se realiza bajo los estándares europeos: EN 40, EN 12899 y EN 12767.

Entre sus ventajas presentan:

- El poste cede al impacto de manera que desacelera el vehículo al transferir la energía latente lejos de los ocupantes, reduciendo de manera considerable el riesgo de lesiones y/o muerte.
- Su material de acero puede ser reciclable.
- Se utiliza un 50 % menos de material debido a la composición del acero.
- Bajas emisiones en el proceso de producción automatizado, debido a que no hay soldadura.
- El espesor del material se reduce a 2 mm, especificando un grado de acero de alta resistencia.²

2 <https://zippole.com/company>. Recuperado en marzo del 2021, de la empresa *Safety Product*: www.zippole.com

Roadside Safety Design and Devices, Australia

El *Roadside Safety Design and Devices* es un documento publicado por la organización *Transportation Reserch Board* (2016), generado de un taller internacional organizado por el Subcomité Internacional de Investigación del Comité de Diseño de Seguridad Vial TRB, en Melbourne, Australia, el 26 de marzo del año 2015.

En este documento se presenta un apartado referente al tema del uso de postes más seguros en caso de colisiones de vehículos. El tema es introducido por medio de estadísticas que indican que desde el año 1925 se han tenido más de 180 000 muertes en carreteras australianas (un tercio de ellas son debido a colisiones contra objetos como: árboles, postes, puentes, entre otros), estos accidentes representan un costo de \$27 000 000. Dado a lo anterior, se crea la necesidad de mejorar el mobiliario instalado en las carreteras en favor de reducir el número de víctimas y obteniendo el beneficio de reducir el costo asociado.

Se presenta el caso de Australia, donde se utilizan los siguientes dos tipos de postes de luz:

- **Poste de alumbrado público con absorción de impactos (IASLP):** Este tipo de poste tiene más de 20 años de ser instalado en las carreteras australianas. Son instalados en áreas metropolitanas donde se da un alto grado de tráfico de peatones, debido a que su diseño permite deformar y absorber energía durante el impacto del vehículo.

Los IASLP deben de permanecer unidos a la base una vez que se dé el impacto, para lograr detener de forma segura el vehículo y no causar daño a los ocupantes. Además, debe de deformarse progresivamente y de manera predecible para alejar del peligro tanto a los ocupantes del automóvil como a los peatones.

Los IASLP se diseñaban con un solo punto de deformación, por lo que en el documento publicado se presenta una prueba para mejorar esta característica, ya que existen diferentes puntos en los que un vehículo pueden impactarlos, los cuales varían según su velocidad o tamaño. En respuesta a las pruebas realizadas se concluyó que el diseño debe proveer doble zona de deformación (ver *Figura 11*), así como estar instalado a una base de columna reforzada para una mejor protección de los usuarios en carretera.

Las pruebas se realizaron tomando en cuenta los siguientes criterios de evaluación:

- **AS 3845.2 Draft:** *Road Safety Barrier Systems.*
- **AS 1158.1.2 2010:** *Lighting for Roads and Public Spaces.*
- **MASH 2009:** *Manual for Assessing Safety Hardware.*

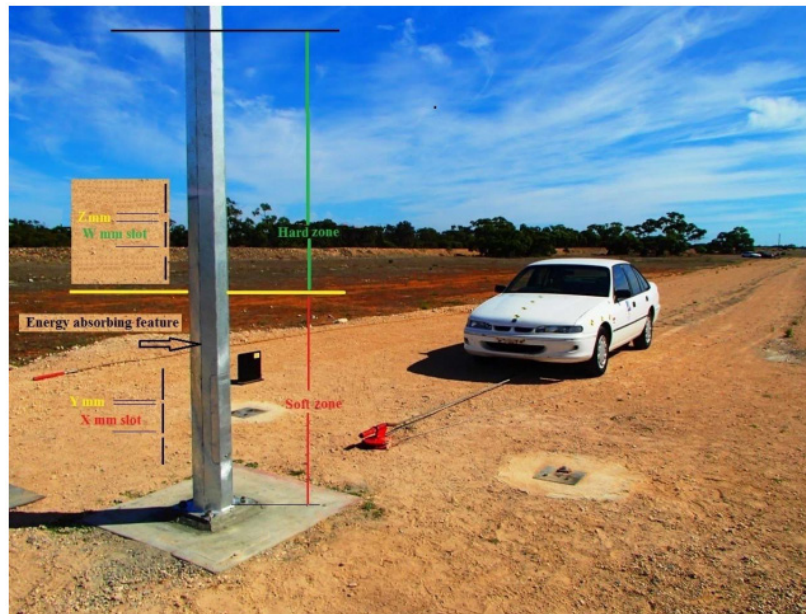


Figura 11. Postes IASLP con doble zona de deformación

- **Postes de alumbrado público con base deslizante (SBSLP):** Utilizados en áreas metropolitanas donde se tiene bajo o nulo tráfico de peatones, debido a que su función es separarse de la base y proporcionar una resistencia mínima al vehículo que lo impacta.

Review on Optimization of Vehicle Frontal Crashworthiness for Passenger Safety

El *Journal of Engineering & Technology* (2018) publica el artículo: *A Review on Optimization of Vehicle Frontal Crashworthiness for Passenger Safety*, en el cual se presenta un apartado que hace mención a colisiones frontales con postes de luz, indicando que este tipo de colisiones son las más comunes. En dicho apartado, se hicieron varias simulaciones para las cuales se cambiaba el grosor del poste y, además, se tomaron las siguientes suposiciones: el poste estaba fijo desde su base y con libertad de moverse en la parte de arriba; se tomaron ciertas dimensiones específicas para los postes y el vehículo presentaba cierta masa y velocidad a la hora del impacto.

Lo anterior permitió concluir que entre menos grosor tenga el poste más seguro será para los ocupantes de un vehículo en el momento de una colisión. Además, se señala que aquellos postes que absorben poca energía y tienen poca deformación a la hora del impacto son menos seguros para los ocupantes, ya que, en este caso, el vehículo es quien va a absorber toda la energía del impacto.

New Design of Roadside Pole Structure: Crash Analysis of Different Longitudinal Tubes using LS-DYNA

Por otro lado, Elmarakbi, A & Fielding, N (2009) en su artículo *New Design of Roadside Pole Structure: Crash Analysis of Different Longitudinal Tubes using LS-DYNA*, del Departamento de Informática, Ingeniería y Tecnología, Facultad de Ciencias Aplicadas de la Universidad de Sunderland en Reino Unido, realiza una investigación del diseño de un poste absorbente de energía realizando una variedad de

simulaciones por medio del software LS-DYNA. El estudio surgió debido a que en el Reino Unido se dan una gran cantidad de colisiones de vehículos contra diferente tipo de postes, los cuales, en varias ocasiones resultan ser fatales para los pasajeros.

Este artículo menciona que los postes de madera y concreto muestran pequeñas deformaciones cuando son impactados por un vehículo, mientras que los postes de aluminio, acero y de materiales compuestos presentan grandes deformaciones debido a que absorben mayor energía a la hora del impacto.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para simulaciones de colisiones de vehículos contra postes de material metálico.

- Los postes cuya forma es circular, octogonal o hexagonal presentan mayor eficiencia de absorción de energía que aquellos que son cuadrados o rectangulares. En este tema se concluye que se tiene mejor nivel de absorción de energía entre mayor sea la cantidad de pliegues (el acero y el aluminio permiten fabricar postes con cantidades similares de pliegues).

En la *Figura 12* se muestran las gráficas de la simulación realizada con una velocidad de 35mph y una masa del vehículo de 1100 kg.

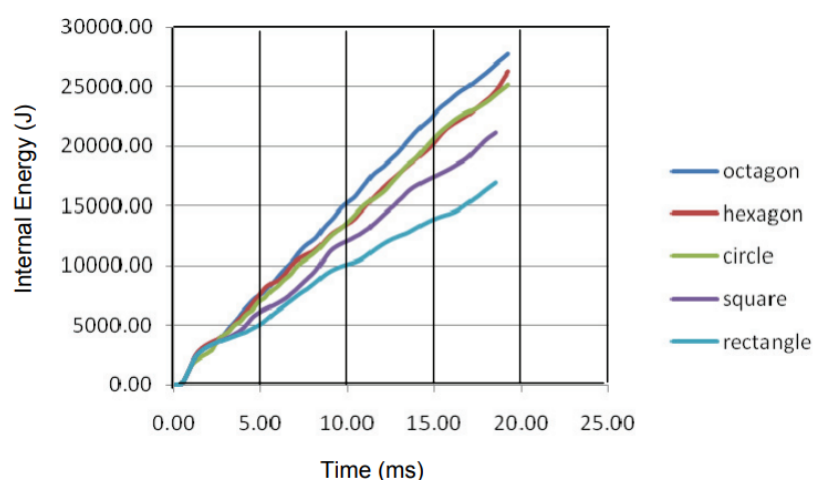


Figura 12. Absorción de energía interna para diferentes formas de los postes

- Se compara el material de acero ($\rho=7830$, $E=207$ GPa, $\nu=0,28$, $\sigma_y=215$ MPa) con el de aluminio ($\rho=2700$, $E=68,9$ GPa, $\nu=0,33$, $\sigma_y=145$ MPa), tomando los siguientes parámetros: velocidad de impacto de 35 mph, masa de impacto de 1100 kg, grosor de las paredes de 2 mm y forma circular del poste; para lo cual se obtuvo que el acero tiene mayor grado de absorción de energía que el aluminio. Otra simulación con variaciones de velocidad muestra que entre mayor sea la velocidad de choque, la energía interna aumenta y se da una mayor deformación del poste.

4. Bibliografía

- Ahmed, N., Ahmed, Z., Faiz, S., Shah1, A & Shaikh, H (2018). A Review on Optimization of Vehicle Frontal Crashworthiness for Passenger Safety. Recuperado en marzo del 2021 de <https://www.sciencepubco.com/index.php/ijet/article/view/13894/5584>
- Código Europeo de las Comunicaciones Electrónicas. Directiva (UE) 2018/1972 del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea, del 11 de diciembre de 2018.
- Comisión de Regulación de Comunicaciones CRC (2020). Código de buenas prácticas al despliegue de infraestructura. Recuperado en marzo del 2021 de <https://www.asocapitales.co/nueva/2020/10/16/crc-presenta-nuevo-codigo-de-buenas-practicas-al-despliegue-de-infraestructura-de-las-telecomunicaciones/>
- Decreto Ejecutivo N° 38166. Reglamento de organización de las áreas que dependen del Viceministro (a) de Telecomunicaciones del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones. 11 de febrero del 2014. N° 39094-MICITT.
- Decreto Supremo N° 003-2015-MTC. Perú. Por medio del cual se modifican diversos artículos y el Anexo 2 del Reglamento de la Ley N° 29022, Ley para el Fortalecimiento de la Expansión de Infraestructura en Telecomunicaciones. 17 de febrero del 2019. N° 004-2019-MTC.
- Directriz N° 105-MOPT-MICIT. Incorporación de avances tecnológicos en obras de infraestructura vial y ferroviaria. Alcance N° 78 del Diario Oficial La Gaceta, del 04 de mayo de 2018.
- Elmarakbi, A & Fielding, N (2009). *New Design of Roadside Pole Structure: Crash Analysis of Different Longitudinal Tubes using LS-DYNA*. Recuperado en marzo del 2021 de <https://www.dynalook.com/conferences/european-conf-2009/B-VI-04.pdf>
- Federal Communications Commission FCC (2011). *Report and order and order on reconsideration*. Recuperado en marzo del 2021 de <https://www.fcc.gov/document/fcc-reforms-pole-attachment-rules-boost-broadband-deployment>
- Federal Communications Commission FCC (2018). *Declaratory ruling and third report and order*. Recuperado en marzo del 2021 de <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-18-133A1.pdf>
- Hydro (2019) *Road safety improves with aluminum light poles*. Recuperado en marzo 2021 de <https://www.hydro.com/en-US/about-hydro/stories-by-hydro/road-safety-improves-with-aluminum-light-poles/>
- Hydro (2020) *Passive safe aluminum poles along the innovative road N737*. Recuperado en marzo del 2021 de <https://www.hydro.com/es-ES/acerca-de-hydro/es-stories-by-hydro/passive-safe-aluminum-poles-along-the-innovative-road-n737/>
- Hydro (2021) *Passive safe light poles and support structures*. Recuperado en marzo del 2021 de <https://ee.hydro.com/l/422852/2020-03-27/2k7kl6>

Instituto Nacional de Vivienda y Urbanización. Alcance N° 62 del Diario Oficial La Gaceta N°54, del 22 de marzo del 2018. Reglamento de construcciones.

International Telecommunication Union ITU (2016). Installation of telecommunication equipment on utility poles, K.109. Recuperado en marzo del 2021 de <https://www.itu.int/rec/T-REC-K.109-201511-I>

International Telecommunication Union ITU (2018). Sentando las bases para la 5G: Oportunidades y desafíos. Recuperado en marzo del 2021 de https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/pref/D-PREF-BB.5G_01-2018-PDF-S.pdf

Ley N°3328. Oficio GG/PL N°482/2020. *Diario Oficial Do Estado Do Rio de Janeiro*, del 21 de diciembre del 2020.

Municipalidad de Tibás (2011). Reglamento general para la adaptación y armonización territorial del sistema de estructuras soportantes y continentes de radiobases de telecomunicaciones celulares. Recuperado el 12 de abril del 2021 de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=70992&nValor3=123938&strTipM=TC

Municipalidad de Montes de Oca (2018). Reglamento de infraestructura de telecomunicaciones para el cantón de Montes de Oca. Recuperado el 12 de abril del 2021 de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=87242&nValor3=113579&strTipM=TC#up

Reglamento DGT-R-45-2020. Procedimiento para la Fijación del Canon del Arrendamiento por la Construcción y Operación de Redes Públicas de Telecomunicaciones y del Canon por el Uso de Bienes de Dominio Público para la Instalación de la Infraestructura de Telecomunicaciones. Alcance N° 339 del Diario Oficial La Gaceta, del 24 de diciembre del 2020.

Samsung Electronics Co.,Ltd. (2020). Optimized 5G Solutions that deliver on the Promise of 5G. Recuperado en marzo del 2021 de <https://images.samsung.com/is/content/samsung/p5/global/business/networks/insights/white-paper/5g-in-korea-volume-3-optimized-5g-solutions-that-deliver-on-the-promise-of-5g/5G-in-Korea-Vol-3-Optimized-5G-Solutions-that-deliver-on-the-Promise-of-5G.pdf>

Transportation Research Board (2016). Roadside Safety Design and Devices, Circular Number E-C215. Recuperado en marzo del 2021 de <http://www.trb.org/Publications/Blurbs/175369.aspx>

