



## **SUSTENTABILIDAD EN OBRAS VIALES**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:  
Nicolás Godoy Aranda

Profesor guía:  
José Francisco Benavides Núñez

Junio 2019  
Santiago, Chile

## DEDICATORIA

*Este trabajo de investigación está dedicado a todas las personas que queremos un mundo con mejoras en calidad ambiental, que buscamos un desarrollo tecnológico limpio, que soñamos con tener carreteras y caminos construidos con la finalidad de unir nuestra población de una forma segura y sustentable.*

*Aprovechando al máximo nuestros recursos, sacando el mayor provecho de ellos y siempre buscando una mejor manera de abordar los desechos que provocan las industrias al explotar los diferentes materiales.*

*Además, este trabajo está dedicado a todas las personas que se quieran interesar por tener mejores carreteras y caminos, que quieran conocer sus componentes, su infraestructura, sus procesos constructivos, sus materiales, entre otros.*

### *Agradecimientos:*

*Quisiera agradecer a mi familia por todo el apoyo durante estos 5 años de estudios, por el apoyo emocional, motivacional y económico; también agradecer a mi polola que fue un gran apoyo durante todo este proceso universitario y finalmente agradecer a todos mis profesores que me enseñaron lo necesario para desarrollarme profesionalmente en especial al profesor José Francisco Benavides Núñez, que fue un excelente profesor guía, siempre preocupado por mí y el trabajo, lo que muestra que es una gran persona y profesional.*

## RESUMEN

Este trabajo de investigación busca que se tome conciencia de los impactos que un proyecto vial puede ocasionar: medio ambiente, sociedad y economía.

Recopilaremos información en cuanto a los procesos constructivos de una carretera, infraestructura vial, sus componentes, los requerimientos que se necesitan, entre otros. Tratando de plantear recomendaciones para minimizar los impactos asociados buscando una construcción más sostenible.

Compararemos los desarrollos tecnológicos en infraestructura y diseño de países que cuentan con procesos constructivos más amigables con su entorno, provocando una mejora sustentable.

Además, mostraremos las distintas materialidades que se han desarrollado y que pueden ser utilizadas en nuestras carreteras nacionales.

SOLO USO ACADÉMICO

## SUMMARY

This research seeks to raise awareness of the impacts that a road Project may cause: environmentally, socially and economically

We will gather information regarding the construction processes of a highway; some of which are: road infrastructure, its components, guidelines to follow.

We will recommend efforts to minimize the associated impacts looking for a more sustainable construction.

We will compare the technological developments in infrastructure and design of countries that have constructive processes that are more environmentally friendly, causing a sustainable improvement overall.

In addition we will show the different materials that been developed and that can be used for our national highways.

<b>ÍNDICE</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>12</b>
<b>Objetivo General</b>	<b>12</b>
<b>Objetivos Específicos</b>	<b>12</b>
<b>CAPITULO 1: OBRAS VIALES</b>	<b>13</b>
<b>1.1. CONCEPTOS</b>	<b>13</b>
<b>1.2. FUNCIONES QUE CUMPLEN LAS OBRAS VIALES</b>	<b>14</b>
1.2.1. Carreteras	15
1.2.2. Caminos	15
<b>1.3. CLASIFICACION DE LOS CAMINOS</b>	<b>16</b>
1.3.1. Clasificación legal de los caminos	16
1.3.2. Clasificación administrativa	17
1.3.3. Clasificación funcional para diseño	18
<b>1.4. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO</b>	<b>22</b>
1.4.1. Preinversión	23
1.4.2. Inversión	23
1.4.3. Operación	23
<b>1.5. ETAPAS EN EL DESARROLLO DE UN PROYECTO VIAL</b>	<b>23</b>
1.5.1. Etapa de idea	23
1.5.2. Etapa de perfil	23
1.5.3. Etapa de pre factibilidad	24
1.5.4. Etapa de factibilidad	24
1.5.5. Etapa de diseño definitivo	24
1.5.6. Etapa de ejecución	24
<b>1.6. COMPONENTES DE UNA AUTOPISTA</b>	<b>25</b>
1.6.1 Barrera de contención	25
1.6.2 Berma	25
1.6.3 Calzada	25
1.6.4 Alertadores	26
1.6.5 Demarcación	26
1.6.6 Mediana	26

<b>1.7. TIPOS DE OBRAS Y CONSTRUCCIÓN DE UNA OBRA VIAL</b>	<b>27</b>
1.7.1. Despeje y limpieza de faja	27
1.7.2. Alineaciones, niveles y perfiles transversales	27
1.7.3. Excavaciones de escarpe	27
1.7.4. Relleno estabilizado	28
1.7.5. Proceso de imprimación o sello	28
1.7.6. Primera capa asfáltica	28
1.7.7. Losa de hormigón	29
1.7.8. Riego de liga	29
1.7.9. Segunda capa asfáltica	29
1.7.10. Riego de liga	29
1.7.11. Carpeta de rodado	29
<b>1.8. MAQUINARIAS Y EQUIPOS</b>	<b>29</b>
1.8.1. Maquinarias de carga	30
1.8.2. Maquinarias de compactación	32
1.8.3. Otras maquinarias	34
<b>CAPITULO 2: IMPACTOS ASOCIADOS</b>	<b>35</b>
<b>2.1 IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES</b>	<b>35</b>
2.1.1. Construcción de una carretera	35
2.1.2. Usuarios	36
<b>2.2. IMPACTOS SOCIALES</b>	<b>38</b>
<b>2.3. IMPACTOS ECONÓMICOS</b>	<b>39</b>
<b>CAPITULO 3: SUSTENTABILIDAD</b>	<b>39</b>
<b>3.1. DEFINICIÓN</b>	<b>40</b>
<b>3.2. DESARROLLO SUSTENTABLE Y CLASIFICACIÓN</b>	<b>42</b>
<b>3.3 AUTOPISTAS SUSTENTABLES</b>	<b>43</b>
<b>3.4 INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y DE DESARROLLO SOSTENIBLE</b>	<b>45</b>
3.4.1 Índice del Planeta Vivo (Living Planet Index (LPI))	45
3.4.2. Índice de Sostenibilidad Ambiental (ISA)	46
3.4.3 Índice de Bienestar Económico Sostenible (IBES)	46
3.4.4 Índice de Impacto Ambiental	46
<b>3.5 DESARROLLO AUTOPISTAS SOSTENIBLES</b>	<b>46</b>

<b>CAPITULO 4: SUSTENTABILIDAD VIAL</b>	<b>48</b>
<b>4.1 AVANCES INTERNACIONALES</b>	<b>48</b>
4.1.1 Conferencia de Estocolmo	51
4.1.2 Cumbre COP21 – Cambio climático	51
4.1.3 Cumbre de Johannesburgo	52
4.1.4 Foro de los países de América Latina y el Caribe sobre desarrollo sustentable	53
<b>4.2 GREEN ROADS</b>	<b>61</b>
4.2.1 Requerimientos del proyecto	62
4.2.2 Medio ambiente y agua	65
4.2.3 Accesos y equidad	66
4.2.4 Actividades en la construcción	68
4.2.5 Materiales y recursos	70
4.2.6 Tecnologías en pavimentos	71
<b>4.3 SUSTENTABILIDAD Y TRANSPORTE</b>	<b>73</b>
4.3.1 Transporte sustentable ambientalmente	74
<b>4.4 CARRETERAS SUSTENTABLES</b>	<b>75</b>
4.4.1 Carreteras sustentables (ERF)	76
4.4.1.1 Diseño y planificación de carreteras sustentables	76
4.4.1.2 Construcción, operación y mantención de carreteras	77
4.4.1.3 Financiamiento de la sustentabilidad	79
<b>4.5 ESTÁNDARES DE CARRETERAS INTERNACIONALES</b>	<b>79</b>
4.5.1 Avances tecnológicos	79
4.5.2 Autovía A – 381	80
4.5.2.1 Pensando en el entorno	81
4.5.2.2 Medidas preventivas, correctoras y compensatorias	81
4.5.2.3 Medidas compensatorias	82
4.5.2.4 Tráfico y recuperación de la inversión	84
4.5.3 Primera carretera en Latinoamérica con energía limpia	84
4.5.4 SolaRoad	85
4.5.5 Autopista solar	85
<b>4.6 AVANCES NACIONALES</b>	<b>85</b>
<b>CAPÍTULO 5: PREMIOS NACIONALES E INTERNACIONALES</b>	<b>88</b>
5.1 The Global Road Achievement Award	88
5.2 Premio Nacional del Medio Ambiente Recyclópolis	89

<b>CAPÍTULO 6: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE AUTOPISTAS SUSTENTABLES EN CHILE</b>	<b>90</b>
6.1 Diseño de una autopista	90
6.1.1 Emplazamiento	91
6.1.2 Materiales	92
<b>CAPÍTULO 7: HORMIGONES SUSTENTABLES</b>	<b>92</b>
7.1 Edificación	93
7.2 Pavimentos	93
7.3 Durabilidad	94
7.4 Ciencia del hormigón	94
<b>CAPÍTULO 8: PAVIMENTOS SUSTENTABLES</b>	<b>97</b>
8.1 Asfalto Noxer	99
8.2 Eco adoquines	100
8.3 Daños en pavimentos	101
8.4 Stone Mastic Asphalt	102
<b>CAPÍTULO 9: CONSTRUCCIÓN VIAL</b>	<b>103</b>
9.1 Rellenos	103
9.2 Transporte	104
9.3 Acopia de materiales	105
9.4 Topografía	105
9.5 Plan de mitigación	105
<b>CONCLUSIONES</b>	
<b>RECOMENDACIONES</b>	
<b>LIMITACIONES</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	

## INTRODUCCIÓN

Los caminos, carreteras y autopistas en Chile se hacen indispensables para comunicar a un país que cuenta con una forma geográfica angosta y extensa. Para poder entender en detalle este trabajo de investigación es necesario definir algunos términos que son básicos, pero de suma importancia.

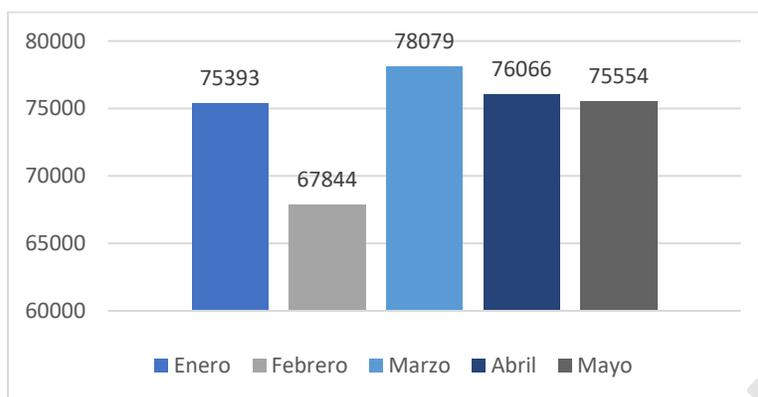
Según la Real Academia Española un camino es una vía que se construye para transitar. Por otro lado, una carretera es aquel camino público ancho y espacioso, pavimentado y dispuesto para el tránsito de vehículos. Y por último autopista se define como una carretera con calzadas separadas para los dos sentidos de la circulación, cada una de ellas con dos o más carriles, sin cruces a nivel.

Al hablar sobre las carreteras o autopistas no podemos dejar de lado las palabras economía, conectividad y desarrollo. Una obra vial, bien planificada puede traer consigo beneficios sociales y económicos para un país, especialmente cuando se construyen en lugares con alto potencial productivo, ya sea industrial, comercial, agrícola o turístico.

Cuando hablamos de economía nos referimos al conjunto de bienes y actividades que integran la riqueza de una colectividad o de un individuo, en este caso en particular el término economía será utilizado en un contexto a nivel de país al igual que el termino comercio, el cual lo entendemos como la actividad que permite el intercambio de bienes y servicios pertenecientes al libre mercado de compra y venta.

La economía de Chile como bien sabemos cuenta con distintos ingresos a nivel nacional, entre los más importantes se encuentra, la minería, especialmente el cobre; la exportación de fruta y pesca a otros países. Ninguna de estas producciones podría llevarse a cabo sin alguna vía de conectividad que unan los puntos de explotación y/o producción con los de exportación, los cuales se encuentran en las zonas costeras del país o caminos internacionales, es por esto, que se hace indispensable contar con caminos que cumplan con ciertos requisitos básicos para el flujo de transportes de carga.

Gráfico 1: Movimiento de cargas hacia el exterior vía terrestre



Fuente: Elaboración propia en base a: SERVICIO NACIONAL DE ADUANAS. Tráfico terrestre mensual 2018

Chile cuenta con un alto posicionamiento económico a nivel Latinoamericano con una de las economías más desarrolladas, orientada principalmente a las exportaciones. A nivel mundial es uno de los principales exportadores de mercancías.<sup>1</sup>

Con poco más de 77.764 kilómetros de carreteras, que incluyen 2.387 de autopistas Chile está posicionado arriba de todos los demás países de la región Latinoamericana, esto según su infraestructura vial y transporte.<sup>2</sup>

Las carreteras nacionales se dividen según tramos, los cuales conectan ciertas localidades con otras y viceversa.

- Ruta 05 “Autopista Central – Santiago”
- Ruta 05 “Ruta del Maipo”
- Ruta 68 “Autopista Nororiente - Santiago”
- Ruta 68 “Costanera Norte – Santiago”
- Ruta 78 “Vespucio Norte – Santiago”
- Ruta 78 “Vespucio Sur – Santiago”
- Ruta 05 “Rutas del Elqui – Coquimbo a Los Vilos”
- Ruta 05 “Autopista del Aconcagua – Los Vilos a Santiago”

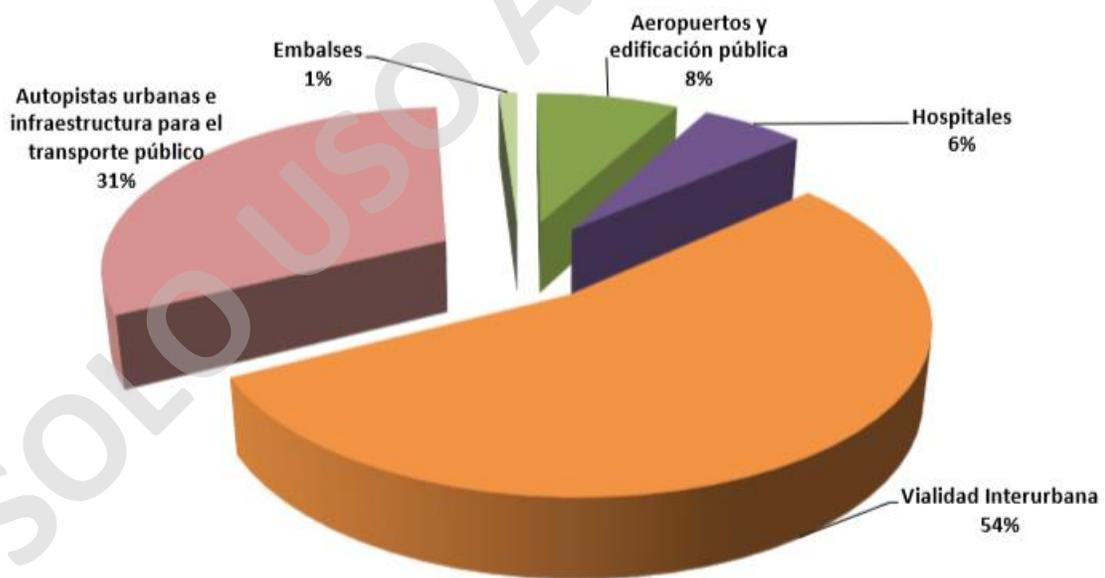
<sup>1</sup> ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO. Estadísticas de Comercio Internacional, 2015.

<sup>2</sup>The Global Competitiveness Report, Informe Global de Competitividad, 2017-2018.

- Ruta 57 “Autopista Los Libertadores – Santiago a Los Andes”
- Ruta 60 “Autopista Los Andes – Los Andes a Valparaíso”
- Ruta 68 “Rutas del Pacífico – Santiago a Valparaíso”
- Ruta 78 “Autopista del Sol – Santiago a San Antonio”
- Ruta 152 “Autopista del Itata – Chillán a Penco”

En Chile la mayor parte las carreteras son concesionadas, por lo que entendemos que es un negocio jurídico por el cual la administración cede a una persona facultades de uso privativo de una pertenencia del dominio público o la gestión de un servicio público en plazo determinado bajo ciertas condiciones. Desde la primera licitación que fue en el año 1992-2015, van más de 82 proyectos adjudicados y casi US\$19.000 millones en inversión, de los cuales US\$15.000 ya han sido adjudicada.<sup>3</sup>

Gráfico 2: Inversión nacional 1992-2015



Fuente: Ministerio de Obras Públicas, documento: participación ciudadana, 2015.

<sup>3</sup> (MOP, Sistema de Concesión en Chile).

El Sistema de Concesiones de bienes o servicios públicos adjudicados por cierto plazo a entidades privadas está aprobada por la Ley de Concesiones, el cual esta regularizado por la entidad pública del Ministerio de Concesiones. La entidad privada al adjudicarse la licitación está obligada a la construcción de la obra, a la operatividad de esta y al mantenimiento por el plazo que se le fue adjudicada la concesión.

Hoy, nuestra mirada está puesta en el Chile del 2030. Aspiramos alcanzar un ingreso de US\$ 30.000 per cápita y niveles de desarrollo similares a los que hoy gozan países como España, Italia, Eslovenia o Nueva Zelanda. De este desafío se hace cargo nuestra agenda Chile 3030 una ambiciosa cartera de proyectos de infraestructura, financiados tanto por el Estado de Chile como vía concesiones.<sup>4</sup>

## IMPACTO AMBIENTAL

Como bien sabemos nuestro planeta está siendo alterado diariamente por agentes contaminantes, ya sean industriales, naturales, residuos, acústicos, entre otros. Las obras viales, claramente tiene un impacto en el medio ambiente, el cual provoca una alteración en el medio en el cual fue o se piensa construir. Por ello necesitamos pensar en medidas para mitigar estos agentes que pueden llegar en un futuro no muy lejano a ser fatales para nuestro planeta.

El mercado vehicular ha aumentado en los últimos años en niveles que no fueron pensados, lo que lleva a hacer reparaciones a las actuales carreteras o replantearse el diseño de las vías.

El CO<sub>2</sub> es uno de los gases contaminantes más dañinos para la atmosfera, el cual es emitido por todo vehículo que funcione con algún tipo de combustible. Es por esto que los países con mayor desarrollo ya han creado modelos que funcionan en base a energía eléctrica, la cual no es emisora de ningún gas contaminante para el medio ambiente.

Algunos procesos constructivos para una obra vial son utilizando derivados del petróleo, los cuales se aplican directamente al suelo, lo que causa una grave contaminación de este, matando todo lo que es flora o fauna que pueda existir en ese tramo. Las maquinarias que se necesitan para el movimiento de tierra, la aplicación del asfalto, la compactación, entre otros, todos liberan CO<sub>2</sub>, por lo que también son vehículos contaminantes.

<sup>4</sup> Alberto Undurraga Vicuña, Ministro de Obras Públicas, mayo 2016

El tema del calentamiento global ya está tomando cada vez más peso para algunas naciones, las cuales están creando consciencia en sus ciudadanos y especialmente en sus empresarios, los cuales son dueños de las industrias más contaminantes del mundo. China es un ejemplo de ello, es por este motivo que esta nación es el mayor inversionista en investigar fuentes de energía de otro tipo.

La Nasa en el año 2001 informa que el agujero de la Capa de Ozono y su debilitamiento por los gases refrigerantes CFC, lo que justifica la fuerte radiación ultravioleta que ingresa a nuestro planeta, y su difícil escape debido a los gases invernaderos, producto de las actividades industriales, mineras, de transporte y de construcción que hemos ido desarrollando al pasar de los tiempos.

Imagen 1: Fuentes contaminantes v/s energías limpias



#### SUSTENTABILIDAD EN LAS OBRAS VIALES

Es lógico pensar, después de todos los antecedentes a nivel mundial, una nueva forma de construir, sin dañar el medio ambiente, o mitigar lo más posible este daño que se está provocando.

En el año 1962 la bióloga Rachel Carson escribe el libro “Primavera Silenciosa” (Silent Spring). En el cual se planteaba un escenario nefasto, sin naturalezas ni animales, por causa de la degradación provocada por la contaminación ambiental.

En la conferencia de Las Naciones Unidas en el año 1972 sobre Ambiente Humano, en la ciudad de Estocolmo, nació por primera vez la consciencia de lo que más tarde se definiría como “sustentabilidad”.

El concepto “sostenibilidad” se crea en el año 1987 el cual define la palabra como satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las posibilidades del futuro para atender sus propias necesidades.<sup>5</sup>

La definición de sustentabilidad ha sufrido diferentes transformaciones a lo largo del tiempo hasta que se llegó a una interpretación moderna, la cual se define como: el desarrollo de los sistemas socio ecológicos para lograr una nueva configuración en las tres dimensiones centrales del desarrollo sustentable.

1.- Económica: lograr un desarrollo que fortalezca la producción y consumo, siempre en busca del equilibrio entre la humanidad y la naturaleza, para satisfacer las necesidades sin perjudicar las oportunidades de las generaciones futuras.

2.- Medioambiental: consiste en lograr un desarrollo humano, que permita mantener aspectos, biológicos en su productividad y diversidad a lo largo del tiempo y preservar los recursos naturales.

3.-Social: lograr un desarrollo con apoyo a la población, aumentando el grado de pertenencia y superación, preocupándose por mantener un buen nivel de vida del que se benefician todos por igual.

La sustentabilidad busca crear consciencia de la responsabilidad que tiene el humano con la naturaleza, buscar procesos con los cuales no se genere una alteración producto de la mano del hombre.

La economía mundial está relacionada directamente con la productividad de las empresas que existen, es por este motivo que es necesario destacar el aspecto político, ya que, sin leyes o medidas impuestas a los empresarios, sería imposible ejecutar la sustentabilidad, “responsabilidad ambiental”.

<sup>5</sup>DRA. BRUNDTLAND, Gro Harlem, Nuestro futuro común, 1987

En el caso de las obras viales es necesario pensar o idear una forma para mitigar la contaminación que estas provocan, tanto en su construcción, ejecución, operación y mantención.

Planteándonos solamente un buen manejo de los residuos que se generan al construir, ocupar materiales reciclados en la ejecución de las obras o disminuir, restringir el flujo vehicular, disminuiría las emisiones de CO<sub>2</sub>. Estas ideas deben ser tomadas en cuenta al momento de diseñar un proyecto vial, es decir, tomar consciencia de la flora que rodea el futuro trayecto, planificar un modelo de mitigación para la contaminación acústica, de suelo, atmosférica, entre otras.

## HISTORIA DE LAS CARRETERAS EN CHILE

Los antiguos caminos de Chile datan de la época de los Incas, quienes utilizaban las llamas como animales de carga, en ese tiempo no existían las ruedas, pero aun así había buenos caminos de tierra con un ancho de hasta seis metros. El camino más usado entonces iba desde la costa del Ecuador hasta el centro de Chile, con una longitud de 6400 kilómetros, este camino era conocido como el “Camino del Inca”. Estos caminos siguieron usándose por los conquistadores españoles, quienes también incorporaron en su legislación, pues figuraban en sus ordenanzas sobre los itinerarios de postas y correos reales.

También debieron repararlos y acomodarlos a sus necesidades, debiendo abrir nuevos caminos, como por ejemplo, el que une la ciudad de Valdivia con la Isla de Chiloé, llamado “El Camino Real”.

Imagen 2: Camino Real, Región de Los Lagos



Fuente: Revista Puerto a Puerto

Sin duda el camino más transitado en esa época era el de Santiago a Valparaíso que estuvo en servicio desde 1560 hasta 1797. Partía desde Santiago hasta Melipilla (Cuesta del Ibacache, Casa Blanca) y llegaba a Valparaíso después de recorrer 185 kilómetros. Las carretas tiradas por bueyes demoraban entre 7 y 8 días, mientras que las carretas tiradas por caballos demoraban entre 2 y 3 días. A fines del siglo XVIII, cuando era gobernador Don Ambrosio O'Higgins, se cambió el trazado hasta la Cuesta Lo Prado – Curacaví – Cuesta Zapata – Valparaíso, lo que acortó el camino a 140 kilómetros, esta nueva ruta se conoció como “Camino de O'Higgins” y estuvo en uso por más de 130 años, en donde se cobraba peaje por utilizarlo, en esta misma época se abrió el camino desde Castro a Chacao en 1782, donde posteriormente se llegó hasta Ancud, este nuevo camino se le denominó “El Camino de Carcumeo”, construido según la tradición por milicias chilotas.

Con el advenimiento de la Independencia, se inició el proceso de institucionalización de la red vial, ya que en 1820 el Director Supremo Don Bernardo O'Higgins dictó un Decreto reglamentando las características de los caminos en las zonas rurales y de las calles nuevas que se abrieran en las ciudades. Más tarde, durante el Gobierno de Don José Joaquín Prieto, se promulgó en 1837 un Decreto Ley que encomendó al Ministerio del Interior todo lo concerniente a las obras públicas, y en 1842 se dictó la Ley de Caminos, Canales, Puentes y Calzadas, que dividió las rutas en públicas y vecinales. El mismo cuerpo legal creó el Cuerpo de Ingenieros, designándose como primer jefe de este Servicio al Ingeniero Andrés Antonio Gorbea.

Posteriormente, al fundarse el Ministerio de Industrias y Obras Públicas en 1887, el Cuerpo de Ingenieros se incorporó a la Sección Puentes, Caminos y Construcciones Hidráulicas, pero es sólo a partir de 1920, cuando algunos automóviles empiezan a surcar con dificultades los caminos nacionales, cuando se formula una política de mejoramiento y construcción vial.

Años más tarde, en 1925, se crea el Departamento de Caminos del Ministerio y, en ese mismo año, se reúnen en Buenos Aires representantes viales de los países de las tres Américas, concluyendo, entre los acuerdos principales, como tarea primordial construir una carretera que enlazara a todos estos países, lo que hoy día se conoce como la Carretera Panamericana; además, se acordó instituir como Día Panamericano del Camino al 5 de octubre, lo que anualmente aún se celebra.

Luego, en 1953 se reorganizan los Servicios del Ministerio, creándose la actual Dirección de Vialidad, la que desde entonces continúa con su labor inagotable, entre las que se destaca a fines del año 1964, el término de la pavimentación del camino longitudinal ya mencionado, desde Arica por el Norte hasta Puerto Montt y Pargüa por el Sur, instalando un transbordador con embarcaderos adecuados para pasar a la Isla de Chiloé, cuyos

Primeros treinta kilómetros de caminos también quedan pavimentados. Paralelamente, se realiza la pavimentación de los principales caminos transversales y se continúa con la construcción de innumerables puentes definitivos para unir diversas localidades del país. Así, los 35 mil kilómetros de tierra que formaban la red vial en 1920 llegaron a ser en 1960, más de 63 mil, de los cuales, 5.500 eran pavimentados, alcanzando en el año 2010 a ser cerca de 80.000 kms. De red vial contabilizada como a cargo de la Dirección de Vialidad, de los que cerca de 18.000 son pavimentados y de estos últimos, casi 3.000 corresponden a carreteras concesionadas de doble calzada que están a cargo de la Coordinación General de Concesiones.<sup>6</sup>

El Ministerio de Obras Públicas está constituido por dos Direcciones Generales y una Subsecretaría, las cuales tienen diferentes funciones y están a cargo de distintos tipos de obras.

A lo largo de todas las regiones del país existe en cada una de ellas una Secretaría Regional Ministerial, las que a su vez están conformadas por Direcciones Regionales y Oficinas Provinciales. Todas estas divisiones y subdivisiones tienen como función mejorar el desarrollo del país ya sea en, Infraestructura, Códigos de Agua o Mantenimiento.

Para el caso de este trabajo solo nos enfocaremos en las funciones que tiene la Dirección de Vialidad y la importancia de esta, si se quisiera implementar un desarrollo sustentable en las carreteras.

Imagen 3: Los Héroes, 1969



Fuente: MOP, Dirección de Vialidad

<sup>6</sup>Ministerio de Obras Públicas, vialidad, Historia de la dirección de vialidad

Figura 1: Estructura Orgánica del Ministerio de Obras Públicas.



Fuente: MOP, Estructura del Ministerio de Obras Públicas.

La Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas tiene como finalidad mejorar la conectividad de las diferentes comunidades dentro del país, crear caminos o carreteras que sirvan como vías de comunicación ya sea con fines turísticos, comerciales, industriales, internacionales entre otros. Además de la planificación de proyectos viales y su diseño, la Dirección de Vialidad tiene como responsabilidad asegurar los estándares de calidad de cada una de las infraestructuras que existan en el país y del impacto medio ambiental de estos. La incorporación de nuevas tecnologías innovadoras que permitan avances en cuanto obras viales y transporte son otras de las funciones y responsabilidades que tiene este departamento.

Tabla 1: Red vial nacional

REGIÓN	PAVIMENTADO	BÁSICO	NO PAVIMENTADO	TOTAL
I	1136,13	718,51	1946,63	3801,27
II	1884,11	1049,13	2765,62	5698,86
III	1195,96	2679	3124,07	6999,03
IV	1438,84	1167,1	2447,4	5053,34
V	1373,62	1401,87	667,32	3442,81
VI	1362,59	718,89	1395,2	3476,68
VII	1906,22	817,58	4301,43	7025,23
VIII	2400,04	564,85	7719,97	10684,86
IX	1810,22	733,06	9458,07	12001,35
X	1796,73	585,43	5610,36	7992,52
XI	387,32	285,94	2225,22	2898,48
XII	606,87	331,3	2408,41	3346,58
R.M	1638,08	861,49	456,31	2955,88
XIV	949,19	397,64	3225,26	4572,09
XV	433,52	531,6	1219,73	2184,85
<b>TOTAL</b>	<b>20319,44</b>	<b>12843,39</b>	<b>48971</b>	<b>82133,83</b>

Fuente: Elaboración propia en base a: Ministerio de Obras Públicas, Mapas, Cuadernillo de la Carta Caminera, 2017.

Con todos los antecedentes mencionados, este trabajo de investigación busca crear conciencia sobre la contaminación que está provocando el hombre sobre el tema de construcción, pero también creemos que se puede llegar a un futuro donde las carreteras y/o autopistas no provoquen alteraciones tan grandes como las que en este momento provocan. Ser más que solo una vía de comunicación o de traslado, sacándole provecho a estas como ya se está empezando a hacer en otros países del mundo.

## OBJETIVOS:

### OBJETIVOS GENERALES

Formular una investigación que pueda acercarnos a desarrollar tecnologías y procesos constructivos mediante recomendaciones. Crear conciencia de lo que Chile puede implementar en sus futuras autopistas, buscando la sustentabilidad.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las obras viales a nivel nacional, los diferentes tipos de caminos y su infraestructura, los estándares que existen y sus etapas o procesos constructivos.
- Mencionar los impactos ambientales que hay que tener presente al momento de construir una carretera
- Identificar los avances que se están haciendo a nivel mundial en cuanto a sustentabilidad en obras viales
- Proponer recomendaciones en cuanto a sustentabilidad, para que nuestro país pueda llegar a tener carreteras con estándares a nivel mundial. (Infraestructura e impacto ambiental)

SOLO USO ACADÉMICO

## CAPITULO 1: OBRAS VIALES

### 1.1 CONCEPTOS

Son caminos públicos las vías de comunicación terrestres destinadas al libre tránsito, situadas fuera de los límites urbanos de una población y cuyas fajas son bienes nacionales de uso público. Se considerarán, también, caminos públicos, para los efectos de este decreto con fuerza de ley, las calles o avenidas que unan caminos públicos, declaradas como tales por decreto supremo, y las vías señaladas como caminos públicos en los planos oficiales de los terrenos transferidos por el Estado a particulares, incluidos los concedidos a indígenas.<sup>7</sup>

Para que una vía urbana sea declarada camino público debe cumplir con dos condiciones: la primera, es que esta vía o conjunto de vías al interior de áreas urbanas unan un camino público con otro. La segunda es que se promulgue un decreto supremo en que se señale la calle o avenida en cuestión.

Cada región cuenta con un decreto supremo que declara camino público a determinadas vías urbanas. Así mismo varias regiones cuentan con decretos complementarios. A la fecha nuestra Dirección se encuentra en pleno proceso de actualización de estos instrumentos legales.<sup>8</sup>

Según la definición escrita por el Ministerio de Obras Públicas sobre caminos públicos, podemos considerar dentro de esta definición las carreteras y autopistas, concluyendo que las carreteras son caminos públicos pavimentados, destinados al tránsito de vehículos livianos y pesados con un estándar básico, mientras las autopistas las podemos definir como caminos públicos pavimentados que cumplen con un estándar mayor, es decir, diseñadas con calzadas, vías con más de un carril para ambos sentidos, entre otras.

Imagen: Paso sobre nivel autopista



Fuente: Autopista Centra

<sup>7</sup>DFL 206, DE LOS CAMINOS PÚBLICOS Y SU CLASIFICACIÓN, TITULO 1. CHILE, 1960

<sup>8</sup>Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Vialidad, definiciones

## 1.2 FUNCIONES QUE CUMPLEN LAS OBRAS VIALES

Las vías de transporte están destinadas fundamentalmente a servir el tránsito de paso, a dar acceso a la propiedad colindante o bien dar un servicio que sea una combinación de ambos.

Las obras viales suelen ser diseñadas para un tránsito de paso, es decir, vehículos motorizados que tienen un origen de ruta y un punto de llegada, esta distancia de recorrido está definida por una ruta, la cual puede tener diferentes tipos de estándares y de diseños, por lo tanto, podemos encontrar caminos que son de alto tránsito como bien caminos para tránsitos moderados a bajos. Las terminaciones y materiales que se les pueden dar a las vías dependen de varios factores que son estudiados bajo el aspecto económico, estructural u otros.

Según la función que cumpla la vía a construir y su forma geométrica, serán definidas las dimensiones, los estándares de seguridad, las velocidades permitidas y los diferentes usuarios. Para efectos de este trabajo las obras viales, vale decir, caminos, tienen diferentes funciones según su diseño y condiciones que puedan tener.

Imagen 4: Modificación de Carretera



Fuente: Constructora Coarco S.A

## ✓ CARRETERAS

Vía de características de alto diseño proyectado para acomodar importantes volúmenes de tránsito de paso circulando a velocidades elevadas. Permitir el tránsito ininterrumpido a elevados volúmenes de demanda, en los que coexistirán vehículos rápidos y lentos.

Consecuentemente deberá siempre contar con pavimentos de un tipo superior. Se debe posibilitar velocidades de desplazamiento elevadas que puedan ser mantenidas a lo largo de toda la vía, en condiciones seguras.

Imagen 5: Carretera Panamericana, Chile



Fuente: Autopista Central

## ✓ CAMINOS

Vías de características medias – mínimas, adecuadas para dar servicios a volúmenes moderados a bajos de tránsito.

La función principal de un camino es dar paso o acceso a la propiedad adyacente, las velocidades pasan a ser un factor secundario por lo que son diseñados para velocidades más bien bajas. Los caminos rara vez se ven congestionados por el volumen de tráfico, pero si es cotidiano ver que los caminos que fueron construidos con una capa de grava pasen a ser reemplazados por una capa de rodadura pavimentada.

Imagen 6: Camino sin pavimentar



Fuente

### 1.3. CLASIFICACION DE CAMINOS

#### 1.3.1. CLASIFICACION LEGAL DE LOS CAMINOS

##### 1.- Caminos nacionales

El camino longitudinal, los que unen las capitales de provincias con el longitudinal y los que sean clasificados como tales por el presidente de la Republica.

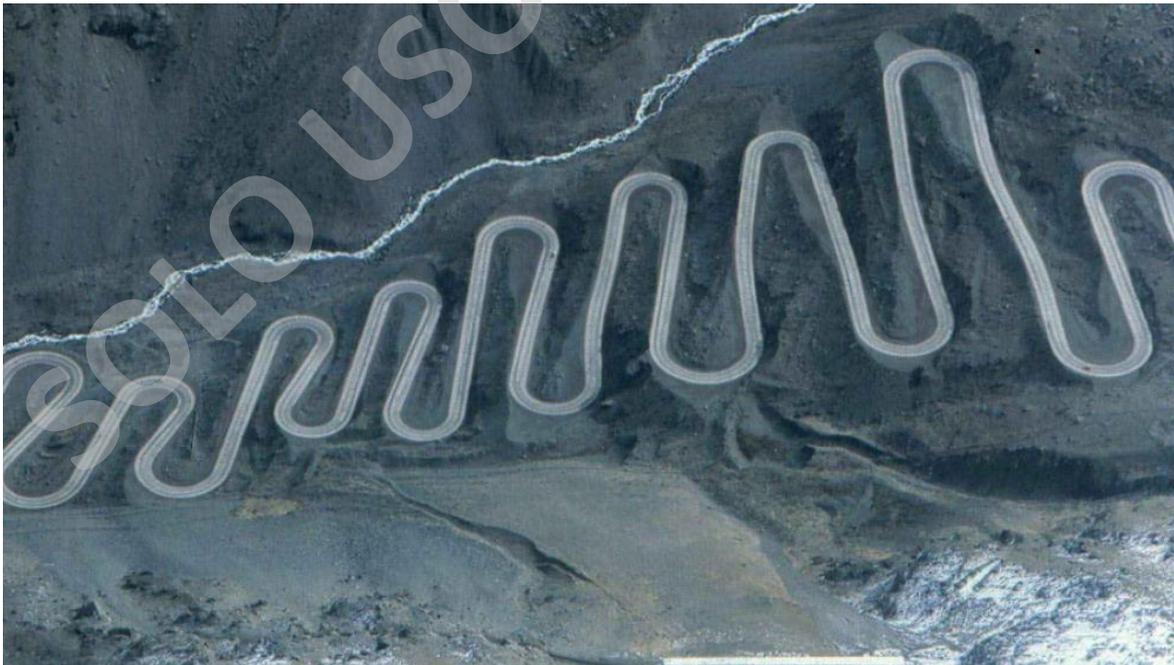
##### 2.- Caminos regionales

El resto de los caminos públicos. Sin perjuicio de esta clasificación el presidente de la Republica podrá dictar que caminos son regionales.

##### 3.- Caminos internacionales

Son caminos que unen dos o más países cruzando por una frontera en común.

Imagen 7: Camino Internacional Los Libertadores



Fuente: Ministerio de Obras Públicas

### 1.32. CLASIFICACION ADMINISTRATIVA

Es aquella definida por la Dirección de Vialidad, en función de la jerarquía administrativa de las ciudades o localidades que se interconectan, considerando la regionalización del país.<sup>9</sup>

- 1.- Caminos nacionales
- 2.- Caminos regionales principales
- 3.- Caminos regionales provinciales
- 4.- Caminos regionales comunales
- 5.- Caminos regionales de acceso

Como sucede en general en los países, la longitud de la red vial aumenta en la medida que disminuye la jerarquía de la clase. Por el contrario, el porcentaje de kilómetros pavimentados es mucho mayor en las primeras clases de caminos y disminuye en las siguientes.

En la Tabla N°2 se muestra la situación de Chile en diciembre del año 2016, considerando una red vial de 82.133,78 kilómetros.

Tabla N°2: LONGITUD DE LA RED VIAL DEL PAÍS, SEGÚN TIPO DE CAMINO

Tipo de Camino	Red Vial Pavimentada				Soluciones Básicas		Red Vial No Pavimentada		Total
	Asfalto	Hormigón	Asf./Horm.	Caminos Básicos Intermedios	Capa Protección	Granular Estabilizado	Ripio	Tierra	
Caminos Nacionales	7.577,17	1.154,32	513,33	0,00	133,80	675,37	1.234,17	59,11	11.347,27
Caminos Regionales Principales	5.163,00	389,12	19,37	95,70	563,25	659,92	1.638,57	928,09	9.457,02
Caminos Regionales Provinciales	1.987,37	113,23	0,36	66,74	698,45	617,84	2.022,83	511,40	6.018,22
Caminos Regionales Comunales	2.578,33	198,37	0,00	144,36	4.150,45	2.727,78	16.599,03	6.861,77	33.260,09
Caminos Regionales de Acceso	239,62	19,13	0,00	59,87	1.709,38	907,15	11.342,27	7.773,76	22.051,18
<b>Total</b>	<b>17.545,49</b>	<b>1.874,17</b>	<b>533,06</b>	<b>366,67</b>	<b>7.255,33</b>	<b>5.588,06</b>	<b>32.836,87</b>	<b>16.134,13</b>	<b>82.133,78</b>

Notas: - Los Caminos Pavimentados son aquellos que se realizan mediante proyectos específicos y/o poseen diseño de ingeniería.  
- Información a Diciembre del año 2016.

Fuente: Dirección de Vialidad, Red Vial Nacional Dimensiones y Características. Chile, Edición 2017.

<sup>9</sup>Manual de Carreteras, Vol. °2, Procedimientos de Estudios Viales, Edición 2017

Tabla N°3: LONGITUD RED VIAL NACIONAL, SEGÚN REGIÓN Y CLASIFICACIÓN

Región	Caminos Nacionales	Caminos Regionales Principales	Caminos Regionales Provinciales	Caminos Regionales Comunales	Caminos Regionales de Acceso	Total	% del Total
I	675,47	623,93	211,77	1.826,02	464,08	3.801,27	4,63
II	2.027,29	382,57	182,75	1.713,41	1.392,84	5.698,86	6,94
III	762,82	809,48	689,75	3.995,31	741,67	6.999,03	8,52
IV	769,10	274,81	550,57	1.740,69	1.718,17	5.053,34	6,15
V	499,64	423,41	404,24	1.653,26	462,26	3.442,81	4,19
VI	335,29	788,60	88,63	1.159,56	1.104,60	3.476,68	4,23
VII	503,96	1.445,81	436,01	2.350,14	2.289,31	7.025,23	8,55
VIII	815,27	1.558,97	680,65	5.629,60	2.000,37	10.684,86	13,01
IX	632,26	383,01	812,44	3.312,25	6.861,39	12.001,35	14,61
X	1.045,66	504,34	573,53	4.424,18	1.444,81	7.992,52	9,73
XI	1.021,85	365,98	178,81	691,38	640,46	2.898,48	3,53
XII	900,99	216,17	634,35	1.035,22	559,85	3.346,58	4,07
R.M.	545,22	718,21	226,89	683,28	782,23	2.955,83	3,60
XIV	491,15	302,11	343,16	2.710,24	725,43	4.572,09	5,57
XV	321,30	659,62	4,67	335,55	863,71	2.184,85	2,66
<b>Total</b>	<b>11.347,27</b>	<b>9.457,02</b>	<b>6.018,22</b>	<b>33.260,09</b>	<b>22.051,18</b>	<b>82.133,78</b>	<b>100,00</b>
<b>% del Total</b>	<b>13,82</b>	<b>11,51</b>	<b>7,33</b>	<b>40,50</b>	<b>26,85</b>	<b>100,00</b>	

Fuente: Dirección de Vialidad, Red Vial Nacional Dimensiones y Características. Chile, Edición 2017).

Otra clasificación para las vías terrestres es por su diseño funcional, es decir, que poseen distintos estándares de diseño. En consecuencia, con el objetivo de clasificar las vías desde un punto de vista funcional, que responde a estándares de diseños predefinidos, este trabajo considera seis (6) categorías divididas en dos (2) grandes grupos.

### 1.3.3. CLASIFICACION FUNCIONAL PARA DISEÑO

#### ✓ CARRETERAS

##### - Autopistas:

Son carreteras nacionales diseñadas desde su concepción original para cumplir con las características y niveles de servicio que se describen a continuación.

Normalmente su emplazamiento se sitúa en terrenos rurales donde antes no existían obras viales de alguna consideración, que impongan restricciones a la selección del trazado y pasando a distancias razonablemente alejadas del entorno suburbano que rodea las ciudades o poblados

Están destinadas a servir prioritariamente al tránsito de paso, al que se asocian longitudes de viaje considerables, en consecuencia deberán diseñarse para velocidades de desplazamiento elevadas, pero en definitiva compatibles con el tipo de terreno en que ellas se emplazan. Todo lo anterior debe lograrse asegurando altos estándares de seguridad y comodidad.

La Sección Transversal estará compuesta por dos o tres pistas unidireccionales dispuestas en calzadas separadas por una mediana de al menos 13 m de ancho si está previsto pasar de 2 pistas iniciales por calzada a 3 pistas futuras. En ese caso las estructuras deberán construirse desde el inicio para dar cabida a la sección final considerada.

En ellas se autorizará sólo la circulación de vehículos motorizados especialmente diseñados para el transporte de pasajeros y carga, quedando expresamente prohibido el tránsito de maquinaria autopropulsada (Agrícola, de Construcción, etc.)

Las velocidades de proyecto, según el tipo de emplazamiento son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio - 120 km/h
- Terreno Ondulado Fuerte - 100 km/h
- Terreno Montañoso - 80 km/h

Para poder desarrollar las velocidades indicadas bajo condiciones de seguridad aceptables las Autopistas deberán contar con Control Total de Acceso a todo lo largo del trazado, respecto de los vehículos, peatones y animales que se encuentren fuera de la faja del derecho de vía. Se conectarán con otras carreteras solo mediante enlaces provistos de todos los elementos definidos en el Capítulo 3.500. El distanciamiento entre enlaces consecutivos deberá ser mayor o igual a 5,0 kms, medidos entre los extremos de las pistas de cambio de velocidad de ambos enlaces. No se considerará el diseño de accesos direccionales aislados.<sup>10</sup>

- **Autopistas interurbanas:**

Son los ejes estructurantes del Plan Regulador de cada ciudad, cuyo objetivo es mejorar significativamente el Sistema de Transporte Urbano.

- **Autorrutas:**

Son carreteras nacionales existentes a las que se les ha construido o se le construirá una segunda calzada prácticamente paralela a la vía original. Normalmente se emplazan en corredores a lo largo de los cuales existen extensos tramos con desarrollo urbano, industrial o agrícola intensivo, muy próximo a la faja de la carretera.

<sup>10</sup>Manual de Carreteras, Vol. 3, Edición 2017

Están destinadas principalmente al tránsito de paso, de larga distancia, pero en muchos sub tramos sirven igualmente al tránsito interurbano entre localidades próximas entre sí. Podrán circular por ellas toda clase de vehículos motorizados, incluso aquellos que para hacerlo deban contar con una autorización especial, y que no estén expresamente prohibidos o cuyo tipo de rodado pueda deteriorar la calzada.

La Sección Transversal deberá contar con al menos dos pistas unidireccionales por calzada debiendo existir una mediana entre ambas con dimensiones mínimas.

Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Fuerte 100 y 90 km/h
- Terreno Montañoso 80 km/h

Las Autorrutas deberán contar con Control Total de Acceso respecto del acceso o salida de vehículos a ella; preferentemente se dará también control de acceso respecto de los peatones y animales a todo lo largo de la ruta, previéndose obligatorio este tipo de control de acceso en las zonas de enlaces, pasarelas y zonas adyacentes a poblados, con longitudes suficientes como para forzar a los peatones a usar los dispositivos especialmente dispuestos para su cruce.

El distanciamiento entre Enlaces sucesivos lo regulará la Dirección de Vialidad según las circunstancias particulares de cada emplazamiento; en todo caso resulta conveniente que el espacio libre entre extremos de pistas de cambio de velocidad de enlaces sucesivos no sea menor que 3,0 kms.<sup>11</sup>

#### - **Primarias**

Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países.

Este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas según las exigencias particulares del proyecto.

Las carreteras consideradas como Primarias deben funcionar pavimentadas.<sup>1</sup>

<sup>11</sup>Manual de Carreteras, Vol. 3, Edición 2017

✓ CAMINOS:

- **Colectores**

Son caminos regionales o provinciales que sirven a tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales se accede a numerosos caminos locales o de desarrollo. El servicio al tránsito de paso y a la propiedad colindante tiene una importancia similar.

Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados. En zonas densamente pobladas se deberán habilitar pistas auxiliares destinadas a la construcción de ciclovías.

Su Sección Transversal normalmente, es de dos pistas bidireccionales, pudiendo llegar a tener calzadas unidireccionales. Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio - 80 km/h
- Ondulado Fuerte - 70 km/h
- Montañoso - 60 km/h

Normalmente este tipo de caminos poseerá pavimento superior, o dentro del horizonte de proyecto será dotado de él, consecuentemente la selección de la velocidad de proyecto debe ser estudiada detenidamente.

Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados y vehículos a tracción animal que cuenten con los dispositivos reglamentarios señalados en la Ordenanza del Tránsito.

En zonas densamente pobladas se consultarán pistas auxiliares en que se habilitarán Ciclovías.

- **Locales**

Son caminos provinciales o comunales que se conectan a los Caminos Colectores. Están destinados a dar servicio preferentemente a la propiedad adyacente. Son pertinentes las Ciclovías.

La Sección Transversal prevista consulta dos pistas bidireccionales de las dimensiones especificadas en el Manual de Carreteras capítulo 3.330 y las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio - 70 km/h
- Ondulado Fuerte - 60 km/h
- Montañoso 50 y 40 km/

<sup>12</sup> Manual de Carreteras, Vol. 3, Edición 2017

#### - **De Desarrollo**

Están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitarán vehículos motorizados y vehículos a tracción animal.

Sus características responden a las mínimas consultadas para los caminos públicos, siendo su función principal la de posibilitar tránsito permanente aun cuando, existan velocidades reducidas, de hecho las velocidades de proyecto que se indican a continuación son niveles de referencia que podrán ser disminuidos en sectores conflictivos.

La Sección Transversal que se les asocia debe permitir el cruce de un vehículo liviano y un camión a velocidades tan bajas como 10 km/hr y la de dos camiones, estando uno de ellos detenido, según se indica en el Capítulo 3.300 del Manual de Carreteras.

Las velocidades referenciales de proyecto son:

- Terreno Favorable 50 y 40 km/h
- Terreno Difícil 30 km/h

#### **1.4. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO VIAL**

El Sistema Nacional de Inversión es aquel organismo que abarca en su totalidad el proceso de inversión de tal forma que los proyectos van evolucionando o madurando desde su identificación hasta su operación. En consecuencia, el sistema va encontrando proyectos en distintos niveles o etapas de desarrollo, lo que permitirá en forma expedita la identificación, formulación, evaluación y ejecución de aquellos proyectos que se ajusta al rol asignado al Estado, y que, dentro de ese marco de referencia presentan una mayor rentabilidad social.

Al identificar diferentes propuestas y proyectos podemos encontrar proyectos que están en diferentes etapas de desarrollo, es decir, algunos aún se encuentran en la etapa de idea, otros, en estudios a distintos niveles de profundidad, diseño de ingeniería de detalle y otros a corto plazo de ser ejecutados.

En consecuencia, en el proceso de transformación de las ideas de inversión, es posible identificar tres (3) estados sucesivos en la vida de un proyecto que se materializa.

#### 1.4.1. Preinversión

Consiste en identificar ideas de inversión, formular, evaluar y seleccionar los proyectos más rentables desde el punto de vida económico social.

#### 1.4.2. Inversión

Consiste en ejecutar físicamente los proyectos seleccionados y priorizados en la Preinversión.

#### 1.4.3. Operación

Consiste en poner en marcha los proyectos y generar los beneficios netos estimados en el estado de Preinversión.

### 1.5. ETAPAS EN EL DESARROLLO DE UN PROYECTO VIAL

A nivel que avanzan los proyectos viales, van adquiriendo madurez y solides, lo que permite identificar distintos pasos o etapas. Este proceso de transformación puede llegar a paralizar un proyecto o abandonarlo.

#### 1.5.1. Etapa de idea

La etapa de idea corresponde al nivel más primario en el desarrollo de un proyecto. Su objetivo formal es la identificación formal de los problemas existentes en la infraestructura vial y establecer la importancia de ellos.

#### 1.5.2. Etapa de perfil

En esta etapa se incorpora información adicional existente y se precisa aquella proveniente de la etapa anterior, en base a la cual se plantea a nivel conceptual las posibles soluciones a los problemas detectados y se realiza una evaluación económica preliminar de distintas soluciones, con el fin de establecer un juicio inicial acerca de la eficiencia y coherencia de estas soluciones. Ello permitirá adoptar una decisión respecto de la necesidad de profundizar en el análisis de las soluciones a los problemas detectados.

### **1.5.3. Etapa de pre factibilidad**

Se procede a hacer la recopilación de antecedentes y los estudios de base necesarios para conocer las características del espacio físico en el cual se emplazarán las distintas soluciones, así como la demanda que se quiere atender. En base a ello se procede a plantear una gama amplia de posibles soluciones para las cuales se definen sus características físicas y operaciones a nivel de esquemas preliminares. Posteriormente se someten a un proceso de simulación y evaluación simplificada, cuyos resultados permitirán seleccionar un número reducido de alternativas que deberán ser analizadas en la etapa siguiente o eventualmente proponer la ejecución de una de ellas sin posterior estudio.

### **1.5.4. Etapa de factibilidad**

Desarrollar los anteproyectos correspondientes a las alternativas seleccionadas en la etapa anterior y a la simulación y modulación detalla de ellos. En base a estos antecedentes se realiza la evaluación económica y de impacto ambiental de cada una de ellas. Los resultados obtenidos en esta etapa constituyen el antecedente fundamental para decidir en definitiva respecto de la posible ejecución del proyecto.

### **1.5.5. Etapa de diseño definitivo**

Adopta en definitiva la decisión de materializar un determinado proyecto, en esta etapa se debe desarrollar los estudios de ingeniería de detalle que permitirán la definición cabal de todos los elementos y aspectos que involucra el proyecto, para proceder a la materialización de sus obras.

### **1.5.6. Etapa de ejecución**

En base a los antecedentes recopilados y generados en la etapa anterior, se procede a llevar adelante las acciones tendientes a la ejecución física de las obras que involucran el proyecto.

## 1.6. COMPONENTES DE UNA AUTOPISTA

Las autopistas son carreteras especialmente proyectadas para que circulen exclusivamente vehículos motorizados destinados al transporte de personas y/o mercancías y que tiene todos sus accesos y salidas controladas, los propietarios colindantes no tienen acceso directo a la calzada, todas las intersecciones son a desnivel y las calzadas para cada sentido de circulación son separadas o cuentan con elementos separadores que impiden la interacción entre vehículos que circulan en sentidos opuestos. Para los efectos de la señalización y seguridad vial debe asociarse a una velocidad representativa de 120 km/h.<sup>13</sup>

Los componentes de infraestructura con los que cuentan algunas carreteras o autopistas dependen de su forma geométrica y de los estándares de seguridad y confort. En Chile contamos con distintos estándares de seguridad dependiendo del flujo vehicular, de los posibles riesgos que puedan tener los usuarios al utilizar estas rutas, es decir, socavones, derrumbes, accidentes vehiculares o de otras magnitudes.

En general las carreteras cuentan con elementos básicos de seguridad los cuales son:

### 1.6.1 Barreras de contención (Bermas):

Longitudinales al eje de la calzada, pudiendo ser laterales, centrales y/o medianas. Se incluyen, además, las barreras o pretilas de puentes, pasos superiores y viaductos. Se definen los siguientes tipos:<sup>14</sup>

- Según su temporalidad: definitivas o provisionales
- Según ancho de trabajo: flexibles o rígidas
- Según si pueden ser impactadas por uno o sus dos lados: simples o dobles
- Según material: metálicas, de hormigón o combinación de materiales
- Según su capacidad de contención

### 1.6.2 Berma:

Faja lateral, pavimentada o no, adyacente a la calzada de un camino.

### 1.6.3 Calzada:

Parte de una vía destinada al uso de vehículos y animales.

<sup>13</sup> Manual de Carreteras, Volumen 7, Edición 2017

<sup>14</sup> Manual de Carreteras, Vol. 6, Seguridad Vial, Edición 2017

#### 1.6.4 Alertadores (Tachas o Tachones):

**Tachas:** Dispositivos reflectantes o luminosos destinados a complementar la demarcación.

**Tachones:** Dispositivos de dimensiones superiores a las Tachas, destinados a la segregación de pistas y demarcación de islas. Cuentan con elementos reflectantes instalados de tal modo, que pueden ser vistos por conductores de ambas direcciones, para facilitar la conducción nocturna.

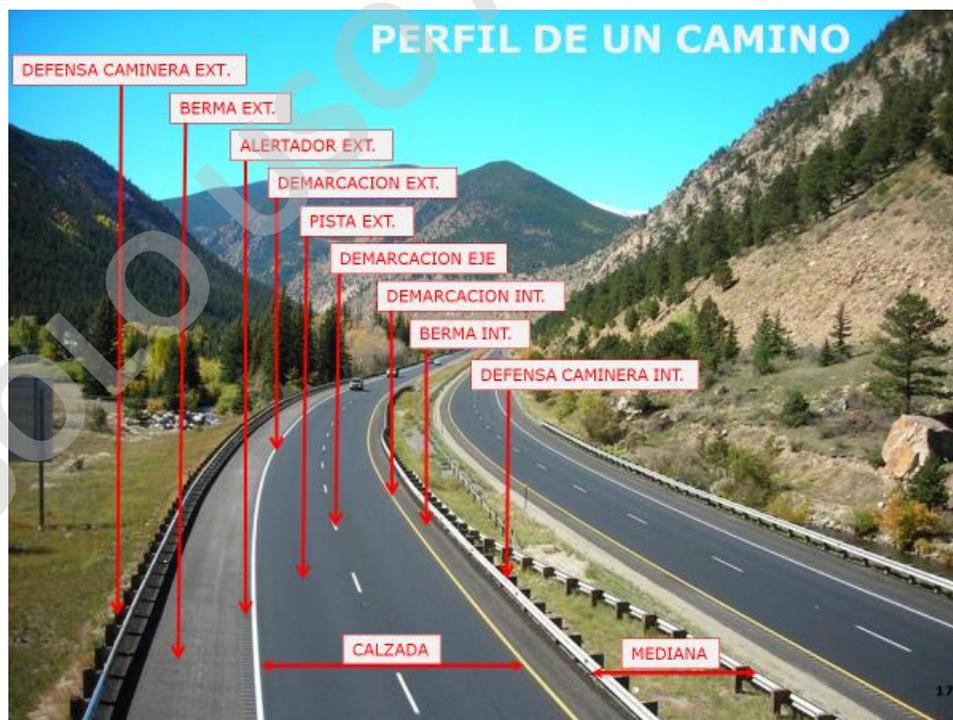
#### 1.6.5 Demarcación:

Símbolo, palabra o marca, de preferencia longitudinal o transversal, sobre la calzada, para guía de tránsito de vehículos y peatones.

#### 1.6.6 Mediana:

Lugar físico, tipo franja ubicado paralelamente al trazado de la vía para separar dos calzadas con sentidos de circulación contrarios.

Imagen 8: Elementos de una vía



Fuente: BENAVIDES NUÑEZ, José Francisco: "Clase Construcción de Carreteras", 2017.

## **1.7. TIPOS DE OBRAS Y CONSTRUCCIÓN DE UNA OBRA VIAL<sup>15</sup>:**

### **1.7.1 DESPEJE Y LIMPIEZA DE LA FAJA**

Trabajos de desmonte, tala y eliminación de la vegetación existente dentro de las áreas de trabajo que estipula el Proyecto. En ocasiones debe hacerse uso de explosivos para atravesar rocas de grandes magnitudes. Se debe tener en consideración un botadero autorizado en caso de tener una gran acumulación de residuos, además está prohibido la combustión de cualquier tipo de desecho.

### **1.7.2 ALINEACIONES, NIVELES Y PERFILES TRANSVERSALES**

Se deberá estacar a distancias no superiores a 20m (metros) entre sí, el pie de los terraplenes y los bordes superiores de los cortes.

Las excavaciones deben alcanzar con exactitud las trazas que muestren los planos, debiéndose respetar estrictamente las alineaciones, niveles, taludes y secciones transversales. A nivel de subrasante, la plataforma deberá tener el ancho mínimo señalado en el Proyecto.

### **1.7.3 EXCAVACIÓN DE ESCARPE**

La excavación de escarpe consistirá en la extracción y retiro de la capa superficial del suelo natural, constituido por terreno vegetal, en aquellas áreas donde se desarrollarán nuevos terraplenes o ensanches de terraplenes existentes, la excavación se realizará hasta encontrar un sello de fundación apto. Así mismo donde se hará cuando se especifiquen taludes o cualquier construcción que exija el Proyecto.

El escarpe que resulte del movimiento de tierra debe ser llevado a laboratorio para ver la posibilidad de que sea utilizado en cualquier construcción perteneciente en el Proyecto, es decir, como estabilizado, relleno de terraplenes, entre otros. De no ser así, debe ser llevado a botadero autorizado.

#### **1.7.4 RELLENO ESTABILIZADO**

El relleno estabilizado de una vía expresa se realiza al encontrar el sello de fundación apto que especifique el Proyecto, este relleno se hace mediante capas de material granulométrico especificado, las capas no deben ser superiores a 20 cm (centímetros), posteriormente serán compactadas con rodillos lisos hasta que se llegue a la compactación deseada.

#### **1.7.5 PROCESO DE IMPRIMACIÓN O SELLO**

##### ➤ Autopistas con carpeta asfáltica

Una vez compactados los rellenos de estabilizado y alcanzado los niveles especificados y medidos por topografía, se procede a tirar o regar de manera continua un derivado pétreo, el cual cumple la función de sellar el suelo y como puente adherente entre el terreno y la primera capa asfáltica. Este derivado pétreo debe utilizarse a una temperatura entre los 40 a 55 °C.

##### ➤ Autopistas de losas de hormigón

Las carreteras de losas de hormigón utilizan un sello de poliuretano, el cual cumple la función de sellar la mezcla de hormigón con la superficie del terreno, no dejando que la humedad suba por el proceso de capilaridad.

#### **1.7.6 PRIMERA CAPA ASFÁLTICA**

Para la instalación de esta primera capa asfáltica se debe utilizar una maquinaria especial, llamada Finisher, la cual va derramando la mezcla granulométrica al grosor y ancho estipulado. La capa asfáltica contiene un gran porcentaje de áridos y menor porcentaje de asfalto.

Una vez terminado este proceso, se utilizan rodillos metálicos lisos y rodillos de goma o neumáticos, los cuales irán compactando la capa asfáltica hasta los niveles especificados con anterioridad por el Proyecto.

Este proceso no ocurre en las autopistas o carreteras que son de losas de hormigón.

### **1.7.7 LOSA DE HORMIGÓN**

Una vez puesto el sello de poliuretano y definidos los tramos a hormigonar, se procede a derramar la mezcla granulométrica sobre el sello y dentro del encofrado lateral con el ancho requerido o estipulado en el Proyecto. Simultáneamente la mezcla se va vibrando para eliminar el exceso de burbujas de aire dentro de ella.

Este proceso no ocurre en las carreteras asfálticas.

### **1.7.8 RIEGO DE LIGA**

Consiste en derramar con ritmo continuo una mezcla pétreo igual que el proceso de imprimación, pero está vez sobre la primera capa asfáltica. Cumpliendo primordialmente la función de puente adherente. Para este proceso se utilizan maquinarias, tales como, camiones aljibes.

### **1.7.9 SEGUNDA CAPA ASFÁLTICA**

La segunda capa asfáltica se procede de la misma manera que la anterior, con la diferencia que la segunda tiene un porcentaje superior de asfalto que de áridos. Para este proceso se utiliza la misma maquinaria que en la primera.

### **1.7.10 RIEGO DE LIGA**

### **1.7.11 CARPETA DE RODADO**

La última capa asfáltica se le denomina carpeta de rodado, la cual contiene un porcentaje mayor de asfalto y es por la cual manejarán los futuros usuarios. Algunas empresas han implementado una nueva carpeta de rodado que va sobre esta, la cual tiene características de minimizar el ruido acústico y no formar charcos de agua.

## **1.8 MAQUINARIAS Y EQUIPOS**

A continuación, mostraremos las diferentes maquinarias que se utilizan en el proceso constructivo, además de clasificarlas según su función.

1.8.1. MAQUINARIAS DE CARGA (Movimiento de tierra).

Imagen 9: Camión tolva



Fuente: Arriendo de maquinaria, Jurmaq

Imagen 10: Retroexcavadora



Fuente: Arriendo de maquinaria, Jurmaq

Imagen 11: Bulldozer



Fuente: Arriendo de maquinaria, Jurmaq

Imagen 12: Excavadora



Fuente: Arriendo de maquinaria, Jurmaq

Imagen 13: Mini cargador



Fuente: Arriendo de maquinaria, Jurmaq

### 1.8.2. MAQUINARIAS DE COMPACTACIÓN

Imagen 14: Rodillo liso



Fuente: Arriendo de maquinaria, Jurmaq

Imagen 15: Rodillo pata de cabra



Fuente: Arriendo de maquinaria, Jurmaq

Imagen 16: Rodillo neumático



Fuente: Arriendo de maquinaria, Jurmaq

### 1.8.3. OTRAS MAQUINARIAS

Imagen 16: Maquina Finisher



Fuente: [gruasyequiposgracia.com](http://gruasyequiposgracia.com)

Imagen 17: Fresadora



Fuente: Maquinarias de pavimentación

## **CAPITULO 2: IMPACTOS ASOCIADOS**

La construcción de obras viales al igual que la mayoría de otras obras conlleva impactos de diferentes tipos, es decir, impactos ambientales, impactos sociales, económicos, entre otros. Para que se lleve a cabo dichas obras se necesita trabajar de una u otra forma en el lugar donde se emplazará la autopista, destruyendo la flora y fauna del lugar, moviendo o restringiendo caudales de ríos naturales o cambiando de lugar familias que habitan en dichos terrenos.

Actualmente se trabaja con planes de mitigación en cuanto a la contaminación que puede producir una construcción de gran envergadura, contando con un plan para el momento en que se esté construyendo la obra, como también para cuando se encuentre en operación.

En este capítulo mostraremos los diferentes tipos de impactos asociados a un proyecto de obras viales en sus diferentes etapas.

### **2.1 IMPACTOS MEDIOAMBIENTALES**

#### **2.1.1 IMPACTOS ASOCIADOS A LA CONSTRUCCION DE UNA AUTOPISTA**

La construcción de una autopista requiere de un gran movimiento de tierra, destruyendo la capa superficial de la Tierra en algunos casos y en otros aún más. La deforestación o tala de bosques al sur de Chile generan un cambio visual notorio, además de producir contaminación acústica, la cual altera el ecosistema de los animales en el caso de carreteras rurales y en poblaciones o centros urbanos en el caso de autopistas urbanas.

Uno de los puntos importantes a tomar en consideración al momento de hablar de contaminación son los gases que emanan de los vehículos motorizados, los cuales provocan a largo plazo un efecto invernadero en el ambiente, provocando innumerables problemas de salud.

En casos particulares es necesario mover o cambiar la ruta natural de los ríos, lo cual va destruyendo toda la flora y fauna que rodea estas aguas.

### 2.1.2 IMPACTOS ASOCIADOS A LOS USUARIOS

Las autopistas son utilizadas por transporte colectivos, transportes particulares, vehículos de carga, los cuales emanan gases tóxicos, principalmente CO<sub>2</sub>, el cual es dañino para todo ecosistema, además de la congestión vehicular que se producen en los centros urbanos provocando índices de contaminación acústica elevados.

Una de las medidas de mitigación que se ha tomado en cuanto a la contaminación y congestión en los centros urbanos es la prohibición de algunos vehículos particulares y colectivos en fechas determinadas, reduciendo los índices de emanación de CO<sub>2</sub>.

Cuando una persona deja de utilizar el auto, se presentan distintas alternativas para su traslado, reduciendo tanto sus emisiones en distintas magnitudes como presupuesto. A través de distintos instrumentos de gestión ambiental hemos venido trabajando en desincentivar el uso de automóvil. Uno de ellos es el Plan de Descontaminación de Santiago Respira, que contempla una restricción permanente a vehículos anteriores al año 2012 en la Región Metropolitana. Se estima que estos vehículos representan el 97% de emisiones contaminantes del parque automotriz.<sup>16</sup>

En algunos proyectos, como los de gran magnitud se exigen medidas de mitigación de impactos ambientales y también estudios de este. Para aquellos proyectos que requieran de estudios de impacto ambiental, ya sea en la etapa de pre factibilidad y/o factibilidad, tales estudios deberán efectuarse de acuerdo a los Términos de Referencia Ambiental que establezca al MOP. En todo caso, a continuación, se especifica, en términos generales el contenido del estudio de impacto ambiental<sup>17</sup>:

- Descripción del proyecto
- Resumen ejecutivo del proyecto
- Marco de referencia legal y administrativo
- Localización
- Relación del proyecto con otros proyectos y planes de desarrollo
- Actividades y acciones del proyecto

<sup>16</sup> (Ministerio de Transportes, ministro Jorge Canales, 22 de septiembre 2017).

<sup>17</sup>Manual de Carretera, Volumen 1, Tomo 2, sección 1.409 “cuantificación de impactos ambientales”

- Antecedentes del área de influencia del proyecto (línea base)
- Definición del área de influencia directo e indirecta del proyecto
- Descripción del área de influencia (Medio físico, Medio biológico, Medio socioeconómico).
- Determinación de áreas de riesgo (fenómenos naturales o inducidos por acción humana).
- Identificación, análisis y valoración de los impactos de las alternativas consideradas
- Situación ambiental en la situación sin proyecto (línea base).
- Proyección de como evolucionaría el medio ambiente del proyecto, si este no se realizara.
- Identificación de los impactos directos e indirectos esperados y los riesgos inducidos que se podrían generar sobre los componentes del medio ambiente, a través de una simulación ambiental con proyecto y sus principales características.
- Describir y calificar los impactos de acuerdo a su acción concreta sobre los componentes del medio ambiente en base a criterios aceptados.
- Relación con normas y estándares nacionales existentes en la materia y área geográfica.
  
- Aspectos legales y regulatorios
- Análisis de la normativa y reglamentos ambientales pertinentes
  
- Identificación y evaluación de acciones mitigatorias
- Análisis de alternativas para aquellas actividades que impliquen un impacto significativo no deseado (localización, tecnología, diseño, entre otros).
- Identificación de medidas para reducir efectos indeseados
  
- Estrategia de manejo ambiental
- Plan de mitigación de impactos.
- Plan de prevención de riesgo.
- Plan de contingencias (para actuar frente a riesgos identificados).
- Plan de medidas compensatorias, restauradoras y otras.
- Programa de seguimiento, vigilancia y control

## 2.2 IMPACTOS SOCIALES

Todos los proyectos conllevan impactos asociados en su construcción o cuando se encuentren operativos. Los impactos sociales pueden ser de forma directa e indirecta, positivos o negativos.

Al igual como se construye un estudio de impacto ambiental ocurre con lo mismo con el caso de impacto social, identificando los impactos al momento de comenzar la obra hasta posteriormente su operación. Muchas veces los centros urbanos son beneficiados, es decir, cuando se planifican obras viales para aquellas zonas donde los caminos existentes están deteriorados o no cumplen con estándares mínimos, provocando dificultades para llegar a ciertos puntos, el turismo incrementa de manera exponencial.

En la evaluación social de proyectos se contabilizan todos los beneficios percibidos, quien quiera que sea el que los recibe, y se computan todos los costos, quien quiera que sea el que los soporte. Por otra parte, los costos se cuantifican utilizando, en lugar del precio de mercado, precios sociales que reflejan el costo de oportunidad de los recursos físicos ocupados en la materialización del proyecto.

En resumen, en la evaluación social se intenta asignar recursos en forma tal que se maximice el bienestar del conjunto de la población, en tanto que en la evaluación privada se maximiza el bienestar del agente que realiza el proyecto.<sup>18</sup>

(Precio mercado: El precio de mercado de cierto producto, sería representativo del valor real de bienes y servicios si funcionaran libremente las leyes de oferta y demanda, en condiciones de competencia perfectas).

(Precio social: El precio social de un recurso, llamado también precio sombra o costo de oportunidad equivale al máximo beneficio del uso alternativo de dicho recurso para el conjunto de la sociedad).

<sup>18</sup> Manual de Carreteras. Volumen 1, Tomo 2, Capítulo 1.500, sección 1.502.2 Objetivos de la evaluación social.

## **2.3 IMPACTOS ECONÓMICOS**

La mayor parte del comercio exterior que tiene Chile con los países vecinos, ya sea Argentina, Brasil, Paraguay, entre otros. Se cumple por caminos internacionales, es decir, mediante transportes terrestres, por lo que vale decir, la gran importancia de invertir en cambiar nuestros estándares de caminos, los cuales actualmente se encuentran en estados no favorables para los conductores.

Así como existen bajos estándares en los caminos internacionales, existen en los caminos nacionales, los cuales conectan a todo el territorio chileno generando un mercado nacional de grandes riquezas.

Todos estos análisis muestran la necesidad de invertir en nuestras carreteras, considerando impactos ambientales, impactos sociales y económicos. Chile posee una de las carreteras más largas del mundo, cruzando todo el territorio de norte a sur, es indispensable contar con caminos de primer nivel a nivel mundial. Este informe contempla tomar todos estos puntos e incorporarlos pudiendo formar carreteras o autopistas sustentables.

## **CAPITULO 3: SUSTENTABILIDAD**

Desde la edad antigua varios personajes han discutido sobre los problemas ambientales causados por diversas actividades y de diferentes rubros.

En la revolución industrial se incrementó masivamente el consumo de recursos ambientales hasta el punto de causar crisis globales. En consecuencia, de estas deforestaciones y contaminantes, se tornó indispensable pensar en el uso responsable de los recursos. No solo por su bien, si no por el de las generaciones futuras.

Desde hace décadas que las industrias son las principales fuentes emisoras de gases tóxicos, como así también lo son los transportes a combustión, entre otros agentes de contaminación. Estos gases son acumulados por la atmósfera provocando grandes daños en la capa de ozono y poniendo en riesgo a la población mundial, este fenómeno tiene por nombre Efecto Invernadero.

El cual provoca cambios climáticos extremos, como es el calentamiento global, el cual ha hecho que se comiencen a alterar las temperaturas de diferentes partes del mundo, como lo es en la Antártica provocando el derretimiento de grandes icebergs, inundaciones, sequías, entre otras.

Si a todo esto le sumamos la indiscriminada tala de árboles y el aumento en la adquisición de vehículos particulares, la concentración de material particulado (MP) en la atmósfera por transporte y procesos industriales, ha hecho que ésta se haga más densa a lo largo del tiempo, evitando la liberación de gases como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), al espacio exterior.

Imagen 18: Gases de efecto invernadero



Teniendo toda esta información y con el paso del tiempo se ha podido ir clasificando a los agentes o fuentes contaminantes en distintos grupos.

**Fuentes Móviles:** Son las emisiones provenientes del transporte terrestre, maquinaria para operaciones agrícolas, de puertos y aeropuertos. Contaminantes MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub>, Sox, NO<sub>x</sub>, Cov.

**Fuentes Fijas:** Quema de combustible y por actividades industriales y residenciales. Contaminantes MP10, MP2,5, Sox y NOx.

**Fuentes Fugitivas:** Emisión por demolición y construcción. Contaminantes MP10 y MP2, 5.

Imagen 19: Fuente contaminantes móviles



Fuente: Reporte de gases invernaderos 2015

Imagen 20: Fuentes contaminantes fijas



Fuente: Reporte de gases invernaderos 2015

Imagen 21: Fuentes contaminantes fugitivas



Fuente: Maquinaria de demolición, Jumaq

### 3.1 DEFINICIÓN

Producto de todo lo relacionado entre contaminación y desarrollo llegamos a la sustentabilidad la cual como se señaló con anterioridad se define como satisfacer las necesidades de generaciones presentes, sin comprometer las posibilidades del futuro para atender sus propias necesidades.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> DRA. BRUNDTLAND. Gro. Harlem. Nuestro Futuro Común, 1987

### 3.2 DESARROLLO SUSTENTABLE Y CLASIFICACIÓN

La sustentabilidad considera tres factores claves para el desarrollo: el ámbito social, el económico y el medio ambiente, de manera que cada país y con ello cada empresa tome conciencia de estos ámbitos, desarrollando parámetros para preservar los recursos naturales que son víctima de su desarrollo industrial y sin afectar la estabilidad económica y social. La finalidad de estas medidas es no destruir ni deteriorar nuestro entorno, es decir, compensar los daños provocados a nuestro planeta y sociedad.

A continuación, se desplegarán con mayor detalle los ámbitos de la sustentabilidad

**Ambiental:** Considera los impactos al paisaje, suelo, aire, agua al medio biótico y al ecosistema en todo su conjunto. También vela por el manejo racional de residuos y por la generación de GEI (Gases del Efecto Invernadero).

**Económica:** Busca asegurar una estabilidad a largo plazo y garantizar el crecimiento económico. Se encargan de medir el desempeño económico, de la permanencia en el mercado y de los impactos económicos indirectos.

**Social:** su finalidad es buscar el desarrollo de comunidades en un ambiente saludable, y que todos los procesos asociados aporten a las personas bajo normas básicas de convivencia y normas legales que los protejan.

Imagen 22: ámbitos de la sustentabilidad



Fuente: [www.sustentable.org](http://www.sustentable.org)

En 1987 la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente (CMMA) incorpora el concepto DESARROLLO SOSTENIBLE, que involucra la capacidad de mantenerse por sí mismo a lo largo del tiempo, gracias a la ayuda de los tres factores.

“Es el proceso de cambio, por medio del cual, el uso de los recursos naturales, dirección de las inversiones, la orientación de los progresos tecnológicos y la modificación de las instituciones concuerdan con las necesidades de las generaciones presentes y futuras”<sup>20</sup>

### **3.3 AUTOPISTAS SUSTENTABLES**

El concepto de sustentabilidad aplicado a las carreteras no sólo es referido al cuidado del componente ambiental, sino que cualquier aspecto que pretenda ser sustentable en las vías de comunicación, debe garantizar, además, del cuidado al medio ambiente y la seguridad, la calidad de los desplazamientos, así como la rentabilidad económica y social, contribuyendo al desarrollo del país.

El panorama internacional cuenta con investigaciones y trabajos referidos a la movilidad sustentable o al transporte sustentable, pero sólo unos pocos se enfocan al aspecto de la infraestructura únicamente, por lo que habrá que abordar de una manera más integral tales aspectos de sustentabilidad.

La Federación Europea de Carreteras (ERF) define a las carreteras sustentables como aquellas que son eficaces y eficientemente planeadas, diseñadas, construidas, modernizadas y conservadas, a través de políticas integradas con respecto al medio ambiente, y conservan el beneficio socio-económico esperado en términos de movilidad y seguridad.

Por otro lado, la Universidad de Washington desarrolló un sistema llamado Carreteras Verdes (Green Roads), usados para distinguir las carreteras sustentables mediante una certificación. En este contexto una carretera sustentable es aquella que tiene menores impactos al medio ambiente, bajos costos en su vida útil y más beneficios positivos para la sociedad.

<sup>20</sup>CMMA. Nuestro Futuro Común, 1987

Para aplicar la sustentabilidad en el sector vial, necesitamos interiorizarnos con el comercio sustentable, que permite el intercambio de bienes y servicios de acuerdo a los principios del Desarrollo Sustentable o Sostenible:

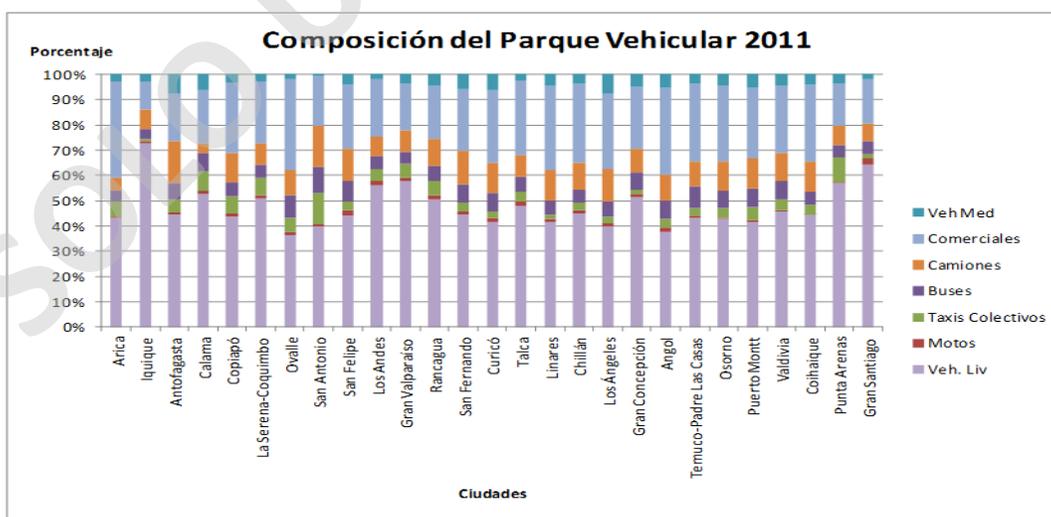
Principios del Desarrollo Sostenible:

- Preservación del comercio con creación de valor económico
- Conservación de recursos naturales
- Reducción de la pobreza e inequidad social.

Para los principios de la sustentabilidad, reducir la pobreza y la desigualdad resulta clave para un crecimiento económico, por lo tanto, es algo que hay que combatir para poder aumentar la tasa de crecimiento. Gracias a la difusión e incorporación de atributos de sustentabilidad, dentro de los procesos productivos, los consumidores están demandando productos ambientalmente y socialmente responsables.<sup>21</sup>

Una de las principales fuentes de contaminación de cualquier país es la actividad del sector del transporte y por ende la infraestructura vial. El tipo de contaminante depende principalmente del combustible utilizado, es decir, gasolina o petróleo Diésel. La cantidad de contaminantes emitidos dependen del número de vehículos, del tipo de tecnología del vehículo (con o sin sello verde) y de la mantención de este.

Imagen 23: Composición parque vehicular, 278 ciudades de Chile, 2011



Fuente: Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, Gráficos

<sup>21</sup> Yosselin Valverde, Proyecto de título, Puertos Sustentables, 2018

Por otro lado, al hablar sobre los contaminantes en la construcción de una carretera o camino debemos diferenciar entre los pavimentos rígidos, como son las carreteras de losas hormigonadas y los pavimentos flexibles que son construidos con capas asfálticas, es decir, componentes pétreos.

El 75% de los impactos identificados son no significativos, el 20% son poco significativos y solamente el 5% son significativos. Por otra parte, de todos los impactos identificados, el 98% se puede mitigar, compensar o inclusive inhibir. El 2% que no se puede mitigar, compensar o inhibir, son impactos producidos por la explotación de los bancos de material, particularmente en la modificación del relieve local.<sup>22</sup>

De acuerdo con el punto anterior, los impactos generados por la construcción y conservación de superficies de rodamiento en pavimentos rígidos, no representan un costo ambiental y social alto, por lo que en una evaluación beneficio-costos, son los impactos que menor número aportan y con menor valor.

En comparación con los pavimentos flexibles la ventaja más notable de los pavimentos rígidos es que no se emplean ni se generan sustancias tóxicas como solventes, residuos de asfaltos y gases generados durante el calentamiento de los cementos asfálticos.

### **3.4 INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y DE DESARROLLO SOSTENIBLE**

Existen 4 indicadores que funcionan como herramientas para la evaluación del progreso de los países en relación al desarrollo sostenible y a la sostenibilidad ambiental a nivel mundial. (Desarrollo en base a: QUIROGA R. Indicadores de Sostenibilidad Ambiental y de Desarrollo Sostenible: Estado del Arte y Perspectivas. CEPAL. Chile: Santiago, 2001).

#### **3.4.1 Índice del Planeta Vivo (Living Planet Index (LPI)).**

Es un indicador que mide los cambios que sufren los ecosistemas naturales del planeta y su biodiversidad. Su enfoque está en:

- El área boscosa natural del mundo
- La población de especies de agua dulce del mundo
- La población de especies marinas del mundo

<sup>22</sup>Impacto Ambiental de Proyectos Carreteros. Efectos de la construcción y conservación de superficies de rodamiento: pavimentos rígidos, 2001

### 3.4.2 Índice de Sostenibilidad Ambiental (ISA)

Se enfoca en 5 puntos centrales:

- El estado de los sistemas medioambientales de cada país.
- El éxito obtenido en la tarea de reducir los principales problemas en los sistemas ambientales
- Los progresos en la protección de sus ciudadanos por eventuales daños medio ambientales
- La capacidad social e institucional que cada nación tenga para tomar acciones relativas al medio ambiente.
- Nivel de administración que posea cada país.

### 3.4.3 Índice de Bienestar Económico Sostenible (IBES)

Sirve para establecer un valor que refleje el nivel de bienestar que la población de un país experimenta a lo largo del tiempo. Sus variables están centralizadas en:

- Variables económicas
- Variables distributivas
- Variables sociales
- Variables ambientales

### 3.4.4 Indicador de Impacto Ambiental

El indicador que evalúa el impacto sobre el medio ambiente, ocasionado por acciones o cualquier forma de vida sobre su bio-capacidad, es denominado huella ecológica. Paralelo a este indicador, tenemos también la huella hídrica y la huella de carbono. Esta última, mide la producción de GEI que generan los distintos tipos de actividades.

## 3.5 DESARROLLO AUTOPISTAS SOSTENIBLES

Es de suma importancia desarrollar autopistas sostenibles, con mejores estándares de seguridad, que ocupen energías limpias y renovables.

El crecimiento del parque automotriz a nivel nacional e internacional hace indispensable tener mejores autopistas que no generen un riesgo a los conductores y minimicen los impactos en los diferentes tipos.

Además de invertir en investigaciones para llevar a cabo todos estos planteamientos es necesario tomar en cuenta el ámbito institucional, es decir, crear nuevas normas y políticas que fomenten el desarrollo de estrategias y programas, que impulsen la responsabilidad social de la mano con la responsabilidad empresarial, en pos de la coordinación de sus actividades y su eficiente gestión, asegurando la sostenibilidad vial.

Imagen 24: Objetivos Estratégicos para las 4 dimensiones de la Sostenibilidad.



Fuente: CEPAL. Boletín FALL Edición n°299, 2011.

Para lograr un desarrollo sostenible a nivel vial debemos implementar políticas viales y de transportes convencionales, creadas por autoridades que se hagan responsable por los impactos sociales, económicos y ambientales.

## CAPÍTULO 4: SUSTENTABILIDAD VIAL

### 4.1 AVANCES INTERNACIONALES

Actualmente en el ámbito internacional podemos reconocer las Normas ISO, las cuales fueron creadas para garantizar que los productos y/o servicios ofrecidos por las organizaciones cumplen con los requisitos o estándares de calidad que requiere el cliente y los objetivos previstos. ISO (International Organization for Standardization) hasta el momento ha creado cerca de 20.000 normas internacionales que generan cambios a nivel mundial.

Las normas ISO son de gran utilidad para certificar la calidad de los productos en las empresas. Generando una mejora continua. El mercado internacional ha evolucionado de manera exponencial durante los últimos años, por lo que se hizo indispensable tener una garantía de calidad en los productos, estas normas acreditan a entidades que cumplen con pautas internacionales creadas con un criterio que ayuda a garantizar la calidad en el mercado nacional e internacional.

Los numerosos beneficios de certificarse en estándares internacionales podemos resumirlos en los siguientes:

- ✓ Reducir sus costes: optimizando procesos y mejorando su productividad
- ✓ Satisfacción del cliente: mejorando la calidad de los productos y/o servicios, garantizando el cumplimiento de las exigencias de los usuarios
- ✓ Acceso a nuevos mercados: cumpliendo los requisitos del mercado internacional y de grandes empresas
- ✓ Mejora en su cuota de mercado: los certificados ISO suponen una ventaja competitiva

Las normas ISO que van asociadas a este trabajo de investigación sobre la sustentabilidad en obras viales, y a lo que quiere enfocar sobre la calidad, seguridad y medio ambientes son las siguientes:

ISO 9001 – 2015: Certifica los Sistemas de Gestión de Calidad.

ISO 14001 – 2015: Certifica los Sistemas de Gestión Ambiental.

ISO 50001 – 2011: Certifica los Sistemas de Gestión Energética.

ISO 14044 – 2016: Certifica el Análisis del Ciclo de Vida

ISO 39001 – 2013: Sistemas de Gestión para la Seguridad Vial.

OHSAS 18001 – 2007: Sistemas de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional.

Los accidentes de tráfico además de que sean un riesgo para los usuarios pudiendo llegar a ser fatal, suponen un elevado costo, tanto para las empresas, como para la administración y la sociedad en general.

Para las empresas los costos se ven reflejados de diferentes maneras, siendo estas las más comunes:

1. Días de licencia del trabajador afectado
2. Pérdida de capacidad productiva de la empresa
3. Aumento de las primas del seguro en los vehículos accidentados
4. Costos por reparación del vehículo
5. Daño a la reputación de la empresa

En el caso de la administración las consecuencias pueden ser las siguientes:

1. Elevados costos de los recursos utilizados (Ambulancias, Bomberos, hospitalización, entre otros).
2. Pago de pensiones derivadas de los accidentes de tránsito
3. Coste de los daños ocasionados a la vía pública

Para la sociedad los daños son vistos de la siguiente manera:

1. El sufrimiento de las familias por los fallecidos o heridos.
2. La pérdida de calidad de vida por discapacidad derivada de los accidentes.
3. Pérdida de años de vida potenciales respecto a la esperanza de vida media nacional.

La norma ISO 39001 “Sistema de Gestión para la Seguridad Vial” es una herramienta que busca ayudar a las empresas a reducir o eliminar la incidencia, riesgo de muertes y/o heridos graves en accidentes de tránsito.

La norma internacional identifica elementos, gracias a las buenas prácticas en la gestión de seguridad vial, las organizaciones pueden alcanzar los resultados deseados en cuanto a la reducción de muertes y heridos graves, evitando los elevados costos que estos conllevan.

Imagen 25: Normas ISO 90001 – ISO 14001 – OHSAS 18001



Fuente: Norma ISO (International Organization for Standardization).

Antes de profundizar en el tema sobre los avances internacionales, debemos aclarar que aún no existe un tratado o política internacional que exija una participación de todos los países para desarrollar y emplear el concepto de sostenibilidad. Sin embargo, en la actualidad han existido cumbres internacionales con una gran participación, en las cuales han sido tratados estos temas, provocando que países con grandes economías hayan decidido involucrarse en estas investigaciones, formando acuerdos entre ellos y tratando de que los demás países se unan a esta importante causa sobre el medio ambiente.

Dentro de las grandes cumbres que se han hecho podemos destacar algunas, las cuales son las siguientes:

#### **4.1.1 Conferencia de Estocolmo**

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, celebrada en Estocolmo en 1972, dio vida a la Conferencia de Estocolmo. Fue la primera gran conferencia de la ONU sobre cuestiones ambientales internacionales y marcó un punto de inflexión en el desarrollo de la política internacional del medio ambiente. La Conferencia de Estocolmo emitió una Declaración de 26 principios y un plan de acción.

La conferencia también definió al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Dentro de los logros de la conferencia fue establecer el derecho para las personas a vivir en un medio ambiente de calidad que les permita una vida digna y gozar de bienestar. A partir de esta declaratoria se comenzó el desarrollo de las legislaciones en diferentes países en temas de equilibrio ecológico y protección al medio ambiente.

#### **4.1.2 Cumbre COP21 – Cambio climático**

La conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático o como la abreviación lo dice 21ª Conferencia de las Partes (COP21), fue realizada en París, Francia el 11 de diciembre del año 2015, la participación en esta conferencia fue de 195 países, donde todos concluyeron que el cambio climático al que nos enfrentamos, está latente y que nosotros somos los responsables de estos cambios, por lo tanto, es necesario una política a nivel internacional con la finalidad de reducir los gases de efecto invernadero en nuestra atmósfera.

El acuerdo de París será aplicado el año 2020 y viene a reemplazar el antiguo protocolo de Kyoto que entró en vigencia el año 2009. El objetivo de este tratado era reducir los principales gases del efecto invernadero (dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbono (PFC) y hexafluoruros de azufre (SF<sub>6</sub>)), en un porcentaje de 5% de las emisiones globales en un periodo de 4 años, (2008 – 2012). Los resultados de este tratado fueron positivos llegando a alcanzar un 11% de las emisiones, pero se llegó a la conclusión de que los esfuerzos fueron insuficientes en relación a los efectos adversos que trae el cambio climático.

La COP21, no solo busca la reducción de los gases de efecto invernadero, si no, también la promoción de alternativas más limpias para el uso de la electricidad y que cada país realice un programa que aporte al objetivo principal de la cumbre.

Según el Banco Mundial y sus estadísticas del 2014, China y Estados Unidos son las principales potencias que más gases de efecto invernadero emiten al medio ambiente, en especial de CO<sub>2</sub>. Pese a estas estadísticas son uno de los 8 países que no van a presentar un programa para participar de la Cumbre COP21.

#### **4.1.3 Cumbre de Johannesburgo**

En la Cumbre de Johannesburgo, realizada el año 2002, se reiteró el compromiso de edificar una sociedad humana global, equitativa y solícita, basa en la dignidad de las personas. Además, se asume la responsabilidad y compromiso colectivo de impulsar y fortalecer en los distintos ámbitos, locales, nacionales, regionales y globales, los fundamentos del tener un desarrollo sustentable.

El compromiso se basaba en extender un esfuerzo contundente para responder positivamente a las necesidades de desarrollar un plan para eliminar la pobreza y aumentar la calidad de vida de los seres humanos. Es en este sentido que se reconocen que la erradicación de la pobreza, el cambio en los patrones de producción y consumo, y manejo de los recursos naturales, son la base del desarrollo económico y social, esto quiere decir, que son los requisitos esenciales para llegar a un futuro sustentable.

#### 4.1.4 Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sustentable

Durante el trigésimo sexto periodo de sesiones de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), que tuvo lugar en la Ciudad de México del 23 al 27 de mayo del 2016, los estados miembros aprobaron la resolución 700 (XXXVI), resolución de México por la que se creó el Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sostenible como mecanismo regional para el seguimiento y examen de la implementación y seguimiento de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ODS), sus metas, sus medios de implementación y la Agenda de Acción de Addis Abeba sobre el financiamiento para el desarrollo. Posteriormente, el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas hizo suya la creación del Foro mediante la aprobación de su resolución en diciembre del 2016.

La primera reunión del Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sustentable se celebró en la Ciudad de México del 26 al 28 de abril del año 2017. La reunión fue convocada por el Gobierno de México, en su calidad de presidente del Comité Plenario de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

En la estuvieron representados los siguientes Estados Miembros del Foro: Antigua y Barbuda, Argentina, Bahamas, Barbados, Belice, Bolivia (Estado Plurinacional de), Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominica, Ecuador, El Salvador, Granada, Guatemala, Guyana, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Saint Kitts y Nevis, Santa Lucía, Suriname, Trinidad y Tabago, Uruguay y Venezuela. También estuvieron presentes en la calidad de observadores: Alemania, Canadá, Francia y Noruega.

Imagen 26: CEPAL, Naciones Unidas



Fuente: Comisión Económica para América Latina y El Caribe.

En esta reunión los países dialogaron sobre el tema de la importancia de tener un desarrollo sostenible, llegando a conclusiones y recomendaciones sobre variados temas relacionados con la economía y el medio ambiente. A continuación, detallaremos a que conclusiones y recomendaciones llegaron los Estados Miembros del Foro:

1. Reafirmamos el compromiso de nuestros países y de nuestra región con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, destacando que es una Agenda centrada en las personas, universal y transformadora, que sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y 169 metas son de carácter integrado e indivisible y conjugan las tres dimensiones del desarrollo sostenible —económica, social y ambiental—, y que la erradicación de la pobreza en todas sus formas y dimensiones, incluida la pobreza extrema, es el mayor desafío a que se enfrenta el mundo y constituye un requisito indispensable para el desarrollo sostenible.
2. Reafirmamos también el compromiso de que nadie se quede atrás y reconocemos que el empoderamiento de las personas vulnerables es crucial para el desarrollo sostenible.
3. Recordamos que la Agenda de Acción de Addis Abeba suministra un marco global para el financiamiento del desarrollo sostenible, forma parte integrante de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la apoya y complementa y contribuye a contextualizar sus metas relacionadas con medios de implementación con políticas y acciones concretas, reconocemos las sinergias entre el Acuerdo de París, el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, la Nueva Agenda Urbana aprobada en Quito (Ecuador) y la Trayectoria de Samoa y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, y el Programa de Acción de Viena en favor de los países en desarrollo sin litoral y recomendamos continuar fortaleciendo la cooperación multilateral a nivel regional y global para su efectiva implementación, y reconocemos la importancia de las conferencias y procesos regionales para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

4. Destacamos que en la Primera Reunión de este nuevo Foro, los países de América Latina y el Caribe han avanzado en la implementación de la Agenda 2030 al participar en un proceso sistemático de examen y evaluación a nivel regional, sobre la base de mecanismos existentes, lo que brinda útiles oportunidades de cooperación regional y aprendizaje entre pares, por medios como exámenes voluntarios, el intercambio de buenas prácticas y la discusión de las metas acordadas y los retos identificados, y al reunir contribuciones regionales para el Foro Político de Alto Nivel y el Foro del Consejo Económico y Social sobre el Seguimiento de la Financiación para el Desarrollo, y a este respecto recomendamos una mayor participación en los próximos años.
5. Felicitamos a los tres países de la región que presentaron exámenes nacionales voluntarios a la reunión de 2016 del Foro Político de Alto Nivel realizada bajo los auspicios del ECOSOC, y a los 11 países que están preparándose para hacerlo en 2017, y destacamos el compromiso y el liderazgo de estos 14 países en sus primeros pasos para la implementación de la Agenda 2030, en particular integrándola a sus planes nacionales de desarrollo y estrategias de desarrollo sostenible, recomendamos que más países presenten sus exámenes nacionales voluntarios y esperamos que se asigne el tiempo necesario y se presenten opiniones en el segmento ministerial del Foro Político de Alto Nivel celebrado bajo los auspicios del ECOSOC.
6. Reconocemos la importancia de continuar atendiendo las diversas necesidades y desafíos que enfrentan los países en situaciones especiales, en particular los países menos desarrollados, los países en desarrollo sin litoral y los pequeños Estados insulares en desarrollo, así como los retos específicos a los que hacen frente los países de renta media y los países que se encuentran en situaciones de conflicto y posteriores a un conflicto.
7. Reiteramos el llamamiento al sistema de las Naciones Unidas, para que, en consulta con las instituciones financieras internacionales, elabore mediciones transparentes del progreso del desarrollo sostenible que vayan más allá del ingreso per cápita y reconozcan la pobreza en todas sus formas y dimensiones, así como las dimensiones sociales, económicas y ambientales de la producción nacional y los problemas estructurales en todos los planos, para erradicar la pobreza y reducir las desigualdades de manera efectiva en los países y entre ellos, y recomendamos además que se continúen construyendo capacidades institucionales para alcanzar

los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas, en particular las capacidades de recolección de datos y seguimiento.

8. Recomendamos que la CEPAL, a través del Grupo de Coordinación Estadística para la Agenda 2030 en América Latina y el Caribe, avance en la producción de indicadores relevantes para la región en el marco propuesto por los Objetivos de Desarrollo Sostenible y apoye el fortalecimiento de las capacidades estadísticas nacionales.
9. Subrayamos que la consecución de la igualdad de género y el empoderamiento de todas las mujeres y niñas contribuirán de manera crucial al progreso en el cumplimiento de todos los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas, y que la protección y la plena realización de sus derechos humanos son esenciales para alcanzar un crecimiento económico sostenido y un desarrollo sostenible inclusivos e igualitarios, y a este respecto recomendamos una mayor integración del enfoque de género en las políticas y estrategias nacionales de desarrollo sostenible.
10. Enfatizamos la importancia que tiene para los países de la región la asistencia oficial para el desarrollo y el financiamiento climático, que es adicional a la primera, en particular, con el fin de erradicar la pobreza en todas sus formas y dimensiones y cerrar las brechas estructurales, así como la importancia de la cooperación Sur-Sur y su potencial en los países de América Latina y el Caribe para la implementación de la Agenda 2030.
11. Recordamos que la cooperación Sur-Sur es un elemento importante de la cooperación internacional para el desarrollo como complemento, y no como sustituto, de la cooperación Norte-Sur, y reafirmamos la importancia de cumplir plenamente los compromisos internacionales contraídos en ese sentido, incluida la movilización de recursos financieros y no financieros y la promoción del desarrollo, la transferencia y la difusión de tecnologías ambientalmente racionales en los países en desarrollo en condiciones favorables, y recomendamos también aumentar la cooperación regional, entre otras cosas, para el desarrollo de capacidades endógenas en materia de ciencia y tecnología.

12. Reconocemos las posibles repercusiones de la automatización y los cambios tecnológicos exponenciales y, en ese sentido, recomendamos a la Secretaría de la CEPAL que elabore una nota conceptual sobre estos temas, con recomendaciones específicas que sean consideradas por los países de América Latina y el Caribe en la Conferencia Ministerial sobre la Sociedad de la Información de América Latina y el Caribe que se celebrará en Santiago de Chile los días 8 y 9 de agosto, con miras a iniciar una discusión sobre esos temas, en particular mediante la creación de un grupo de tareas destinado a elaborar con mayor detalle recomendaciones regionales para los procesos en curso de las Naciones Unidas relacionados con el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular el Foro Político de Alto Nivel sobre el Desarrollo Sostenible, el Consejo Económico y Social y la Asamblea General, según corresponda.
13. Destacamos la importancia y el potencial de transformación del sector empresarial y del sector privado, incentivando cambios en el financiamiento y las modalidades de consumo y producción para favorecer el desarrollo sostenible, y recomendamos formular políticas y, cuando proceda, reforzar los marcos regulatorios con el fin de acompañar los incentivos para el sector privado con los objetivos del sector público, incluso mediante incentivos para que el sector privado adopte prácticas sostenibles y fomente la inversión de calidad a largo plazo.
14. Recomendamos redoblar los esfuerzos encaminados a reducir sustancialmente los flujos financieros ilícitos para 2030, en particular luchando contra la evasión de impuestos y la corrupción mediante el fortalecimiento de la regulación nacional y el aumento de la cooperación internacional y reduciendo las oportunidades para eludir impuestos con el fin de asegurarse de que todas las empresas, incluidas las multinacionales, paguen impuestos a los Gobiernos de los países en que se produzca la actividad económica y se cree valor, y recordamos también que cada Estado tiene plena soberanía permanente sobre la totalidad de su riqueza, sus recursos naturales y su actividad económica, y que la ejercerá libremente.
15. Reconocemos la responsabilidad primordial de los Gobiernos en la implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que tiene en cuenta las diferentes realidades, capacidades y niveles de desarrollo y respeta sus políticas y prioridades nacionales, acogemos con beneplácito las numerosas contribuciones y la ayuda prestada por el sistema de las Naciones Unidas y las organizaciones internacionales y los programas con presencia en la región, y reiteramos la necesidad de asegurar

que sus actividades se lleven a cabo de forma coherente y coordinada y estén alineadas con las políticas y prioridades nacionales.

16. Recordamos el carácter participativo e inclusivo de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que fomenta la participación de todos los actores relevantes, y en ese sentido recomendamos asegurar, según corresponda, una participación efectiva y significativa de las organizaciones de la sociedad civil, los ámbitos académicos y el sector privado en las próximas reuniones del Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sostenible, acogemos sus contribuciones a la Primera Reunión del Foro, y recomendamos que sigan participando en la implementación de la Agenda 2030 en la región.
17. Reafirmamos que se ha instado encarecidamente a los Estados a que se abstengan de promulgar y aplicar unilateralmente medidas económicas, financieras o comerciales que no sean compatibles con el derecho internacional y la Carta de las Naciones Unidas y que impidan la plena consecución del desarrollo económico y social, particularmente en los países en desarrollo.
18. Tomamos nota con agradecimiento del Informe anual sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe presentado por la CEPAL así como su anexo sobre financiamiento, solicitamos a la Secretaría que prepare una versión actualizada, y recomendamos a la Presidencia del trigésimo sexto período de sesiones de la Comisión que la presente, junto con estas conclusiones y recomendaciones y el resumen del Presidente, como contribución regional en el próximo Foro Político de Alto Nivel, el Foro del Consejo Económico y Social 32 sobre el Seguimiento de la Financiación para el Desarrollo y el Mecanismo de Coordinación Regional de las Naciones Unidas, para su debida consideración.
19. Agradecemos a la CEPAL el apoyo prestado a la región en sus esfuerzos por implementar la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, e instamos a la Comisión a seguir apoyando las iniciativas regionales para que nadie se quede atrás.

20. Valoramos el formato y la organización de los trabajos de la Primera Reunión del Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sostenible, así como las modalidades de participación de múltiples actores, e invitamos al Presidente del trigésimo sexto período de sesiones de la CEPAL a que, con el apoyo de la Secretaría, mantenga un constante diálogo con todos los países miembros del Foro y los actores relevantes para dar seguimiento a las actividades que resulten del seguimiento regional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas son de carácter integrado e indivisible, de alcance mundial y de aplicación universal, tienen en cuenta las diferentes realidades, capacidades y niveles de desarrollo de cada país y respetan sus políticas y prioridades nacionales. Si bien las metas expresan las aspiraciones a nivel mundial, cada gobierno fijará sus propias metas nacionales, guiándose por la ambiciosa aspiración general, pero tomando en consideración las circunstancias del país.

Cada gobierno decidirá también la forma de incorporar esas aspiraciones y metas mundiales en los procesos de planificación, las políticas y las estrategias nacionales.

Es importante reconocer el vínculo que existe entre el desarrollo sostenible y otros procesos pertinentes que se están llevando a cabo en las esferas económica, social y ambiental.

Al acordar estos Objetivos y metas, reconocemos que cada país enfrenta desafíos específicos para lograr el desarrollo sostenible y recalamos los problemas especiales con que tropiezan los países más vulnerables, en particular los países africanos, los países menos adelantados, los países en desarrollo sin litoral y los pequeños Estados insulares en desarrollo, así como las dificultades concretas que atraviesan los países de ingresos medianos. También merecen especial atención los países en situaciones de conflicto.

Imagen 27: Resumen de Agenda 2030 CEPAL



Fuente: International Cooperation: Key to the 2030 Agenda

Tabla 2: Objetivos de desarrollo sostenible agenda 2030

**Objetivos de desarrollo sostenible**

- Objetivo 1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo
- Objetivo 2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible
- Objetivo 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades
- Objetivo 4. Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos
- Objetivo 5. Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas
- Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos
- Objetivo 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos

Objetivo 8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos

Objetivo 9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación

Objetivo 10. Reducir la desigualdad en los países y entre ellos

Objetivo 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles

Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles

Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos\*

Objetivo 14. Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible

Objetivo 15. Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad

Objetivo 16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas

Objetivo 17. Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible

---

Fuente: Comisión Económica para América Latina y El Caribe, CEPAL.

#### 4.2 GREEN ROADS

Carreteras verdes, es un sistema diseñado para distinguir la sustentabilidad en las carreteras nuevas, rediseñadas o rehabilitadas. Una distinción de este tipo ayuda a que las carreteras tengan menores impactos al medio ambiente y al costo del ciclo de vida, así como mayores beneficios para la sociedad.

Carreteras verdes, en términos generales, es un conjunto de buenas prácticas que son aplicadas a las carreteras para su diseño y construcción, las cuales se dividen en dos tipos: de cumplimiento legal y las de cumplimiento voluntario.

Las mejores prácticas obligatorias son las que se deben hacer como mínimo, con el fin de que una carretera pueda ser considerada Green Road. Son los llamados "requisitos del proyecto".

Los requisitos de los proyectos están destinados a captar los ideales más críticos de la sustentabilidad Criterios de sustentabilidad. Muchos, pero no todos, cuentan con varios de estos directamente con poco o ningún esfuerzo adicional. Las mejores prácticas voluntarias son las que pueden estar opcionalmente incluidas en un proyecto carretero.

La sustentabilidad utilizada en Green Roads tiene siete componentes diferentes que se muestran por su métrica en maneras diversas. Estos componentes son la base de los términos "leyes naturales" y "valores humanos". Incluyen los tres principios comúnmente citados en la sustentabilidad:

- I. Ecología,
- II. Sociedad
- III. Economía.

Además, hay otros cuatro componentes esenciales que se enfatizan en el contexto de las métricas de Green Roads:

- I. Extensión,
- II. Expectativa,
- III. Experiencia
- IV. Exposición.

A continuación, se describen brevemente los elementos en que se enfoca Green Roads para llegar a la sustentabilidad en vialidad

#### **4.2.1 REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO**

El proceso de evaluación del impacto ambiental es un método de toma de decisiones sobre el cual la autoridad ambiental autoriza la construcción de un nuevo proyecto carretero, mediante el involucramiento de los diferentes sectores.

El análisis del costo del ciclo de vida es una herramienta que permite evaluar el costo total de un pavimento, incluyendo el costo inicial, los costos de mantenimiento y rehabilitación, y los costos de los usuarios durante la vida útil del proyecto.

La utilización de esta herramienta contribuye en la sustentabilidad de las carreteras porque permite una toma de decisiones sobre el costo total del pavimento.

El inventario de ciclo de vida es una herramienta que permite analizar y cuantificar los impactos ambientales en el proceso de construcción y mantenimiento de una carretera. Su análisis se realiza mediante software especializado en el que se Criterios de sustentabilidad para carreteras en las etapas del ciclo de vida de un producto (materia prima, producción, uso, fin de su vida, tratamiento, reciclado y disposición final), para la obtención de los consumos de energía y emisiones a la atmósfera.

La aplicación de esta herramienta permite seleccionar procedimientos o equipos que minimizan el impacto ambiental.

El plan de control de calidad, es un instrumento que permite controlar y mejorar la calidad, en cualquier proceso constructivo de una carretera, realizando inspecciones que determinan cuándo se deben tomar acciones correctivas y cómo se van efectuar. Su elaboración se concibe con base en las especificaciones técnicas vigentes, tales como control de calidad de los materiales, métodos de trabajo, entre otros. Los procedimientos que integran el plan de control de calidad, se conciben antes que comience la construcción.

Contar con un plan de mitigación de ruido permite soluciones para reducir el impacto sonoro que se genera en las diferentes etapas de una carretera, a través del monitoreo de los niveles de ruido que se producen por la operación de los equipos motorizados y las actividades de construcción. Este monitoreo se debe amplificar en la etapa de operación y conservación de la carretera, para el control de los decibeles permitidos para la salud humana y la biodiversidad.

El plan de manejo de residuos es un programa de prevención de la contaminación en la etapa de construcción de carreteras, ocasionado principalmente por la demolición y movimientos de tierra, así como por los trabajadores de la obra y los residuos de la

maquinaria. Su planificación se integra en la contabilidad y gestión de los materiales, que permite la identificación, unidad de medida y tratamiento para su almacenamiento y manejo (como material peligroso o residuo), permitiendo el proceso de reciclaje y reutilización. Esto reduce costos y fomenta prácticas para la reducción y/o eliminación de los residuos sin afectación al hábitat.

El plan de prevención de la contaminación, es un instrumento que permite reducir la contaminación del agua y sus efectos asociados a las actividades de construcción, protegiendo la escorrentía de aguas pluviales de la erosión y sedimentación. La protección se realiza con base en la topografía, para detectar las posibles áreas de almacenamientos de residuos y otros materiales, que contaminan el agua superficial, y la planificación de estrategias que permitan prevenir la contaminación como la Iniciativa para Lugares Sostenibles 2009, brindando soluciones como:

- ✓ siembra temporal y permanente
- ✓ trampas para sedimentos.
- ✓ control de derrames de equipos.
- ✓ sistemas de infiltración, entre otras.

La gestión de pavimentos es una herramienta de criterios para la toma de decisiones (software especializado, agencias especializadas o acciones manuales), que permite evaluar las condiciones del pavimento y sus variables a ejecutar en el proceso de conservación y rehabilitación, brindando una elección óptima, que permite desarrollar pavimentos que duran más y funcionan mejor, reduciendo los costos en su ciclo de vida y la reducción en uso de los recursos.

El plan de mantenimiento del sitio permite realizar un seguimiento de las actividades de mantención, para su monitoreo y control durante la operación, que ayudan a conservar la calidad ambiental y la estética de la carretera (paisaje), mejorando la eficiencia en costo durante la vida útil prevista. Incluye actividades de revegetación, recolección de residuos sólidos, mantenimiento del pavimento y de los dispositivos de control, entre otras actividades.

La capacitación ambiental promueve la conciencia de los usuarios y operadores de los servicios y actividades de una carretera, con programas permanentes de educación que fomentan la sustentabilidad ambiental y la seguridad, a los usuarios y personal,

Satisfaciendo los alcances del proyecto y el cumplimiento ambiental. Permite a los usuarios la extensión de toma de decisiones, encaminadas a la sustentabilidad en las actividades de su vida diaria; y a los ejecutores en el uso de energías, transporte y gestión de las carreteras.

#### **4.2.2 MEDIO AMBIENTE Y AGUA**

La calidad en escurrimientos, es un instrumento de monitoreo y prevención de la contaminación del agua, a través de una gestión de calidad del agua pluvial captada en el derecho de vía y la superficie de rodamiento (pavimento), durante la operación de la carretera. El monitoreo de la calidad, permite conocer la presencia de contaminantes en la escorrentía, tales como metales pesados, hidrocarburos y agentes patógenos, que varían en función de la composición del tránsito y el entorno ambiental; y son controlados hasta su total eliminación, con técnicas de mitigación, establecidas en los planes de respuesta a derrames y sedimentos, principalmente desarrollados con base en la normativa de la calidad del agua, y que resultan favorables para la recarga de los acuíferos, ríos y arroyos, permitiendo un entorno sustentable.

El análisis de costo del manejo de aguas pluviales, es una evaluación costo-beneficio para la toma de decisiones en la gestión de la calidad, basados en los costos del ciclo de vida, proporcionando mejores prácticas y técnicas para el manejo de escurrimientos en el derecho de vía y la superficie de rodamiento.

La vegetación nativa, promueve un sistema de vegetación sustentable que contribuye a un menor uso de agua, reducción de la erosión y evitar el uso de especies con una mejor capacidad de supervivencia, ya que están adaptadas al medio ambiente local; y contribuyen a la reducción de costos por demanda de mantenimiento. La implementación de la vegetación nativa mejora la calidad del aire y el agua, así como también regula el clima, el agua, la erosión, las plagas y peligros naturales, al igual que fomenta la polinización, entre otros beneficios ambientales.

La restauración del hábitat es un proceso que permite renovar y restaurar el área degradada o dañada por los procesos constructivos de la carretera. Mejorar la integridad biológica requiere del uso de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica para detallar la zona de daño, y realizar la fase de planificación que

permite mejorar el área del hábitat, y monitorear las especies con bio-indicadores, que proporcionan información necesaria para un seguimiento ambiental.

La conectividad ecológica, es un plan de acciones con el único propósito de reintegrar el paisaje fragmentado, sin interrumpir la movilidad en las carreteras y la seguridad de los usuarios. Facilitar accesos para la fauna y flora, con ecosistemas artificiales, como son los pasos de fauna que tiene una interacción independiente a la carretera, ayuda a reducir los impactos negativos y a propiciar la vinculación de los organismos entre sí y con su medio ambiente (procesos ecológicos), permitiendo la estabilidad del equilibrio ecológico en los ecosistemas, que genera la conservación de los recursos no renovables y la sustentabilidad en el medio ambiente.

La contaminación lumínica, es la degradación del hábitat por emisión de luz artificial, que influye negativamente en una amplia diversidad de especies (fauna y flora), con alteraciones en su comportamiento reproductivo, y ha reducido seriamente el valor estético del cielo nocturno.

La iluminación de las carreteras es un requisito importante para un entorno de conducción nocturna segura, la cual se debe realizar con lámparas que proporcionen una iluminación uniforme y de caída libre para reducción del reflejo, este mismo se puede disminuir con la utilización de sellos, que permiten proteger y restaurar el medio ambiente por la noche y el patrimonio de los cielos oscuros.

#### **4.2.3 ACCESOS Y EQUIDAD**

La auditoría de seguridad vial es un proceso de revisión supervisado por un equipo independiente a los operadores de la carretera, que evalúan las actividades y los resultados, de la operación de la carretera en términos de operación segura. Realizar auditorías de seguridad vial en las carreteras permite evaluar la seguridad antes de que esté abierta al público, así como localizar los puntos de conflicto en su operación, permitiendo reducir los accidentes viales y sus efectos negativos, que tienen un impacto en la sociedad por sus costos, además de ser una de las principales causas de mortalidad.

Los sistemas inteligentes para el transporte son aplicaciones para la infraestructura y la operación vehicular, que utilizan tecnologías inteligentes y conceptos de ingeniería en

sistemas para desarrollar y mejorar los sistemas de transporte, teniendo como objetivo proporcionar servicios innovadores relacionados con los diferentes modos de transporte y la gestión del tránsito, brindando información y seguridad al usuario. Satisfacer las necesidades de los usuarios con la implementación de los sistemas inteligentes de transporte beneficia a los sectores económicos y sociales, fomentando un desarrollo sustentable.

El diseño sensible al contexto es un enfoque interdisciplinario que cubre las necesidades del transporte y determina alternativas para una efectiva toma de decisiones en un diseño inteligente, que involucra la adaptación al entorno, afín de preservar y mejorar los recursos estéticos, históricos y del medio ambiente, brindando una planificación que ofrece al usuario instalaciones para bicicletas, peatones y sistemas de tránsito, que mejoran la seguridad y movilidad en carreteras de tipo urbanas.

La reducción de emisiones vehiculares, es una herramienta que permite calcular la huella de carbono en una carretera, con la aplicación de software para modelar el tránsito vehicular, y con ello diseñar estrategias que permitan ofertar un transporte sustentable, activo y multimodal. Reducir las emisiones generadas en carreteras con el monitoreo de operativos móviles, mejora la calidad del aire y la salud humana, asimismo permite establecer políticas para la reducción de emisiones regionales de gases de efecto invernadero y la creación de corredores urbanos para disolución de dichos gases.

La infraestructura peatonal son instalaciones que promueven el desplazamiento a pie de personas dentro de un sistema de transporte, tales como banquetas y pasos peatonales (a nivel o desnivel), que brindan comodidad y seguridad a los transeúntes y contribuyen a la atracción de desplazarse a pie, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero. Mejorar los accesos e instalaciones peatonales convence a los usuarios a cambiar su modo de viajar, respondiendo favorablemente a componentes de sustentabilidad, tales como ecología, equidad y economía.

La movilidad para ciclistas requiere instalaciones diseñadas para su circulación (Ciclovías) en el derecho de vía de una carretera y contribuyen a la reducción de accidentes y colisiones con vehículos, asimismo promueven un medio de transporte limpio y activo, que mejora la salud de los usuarios. Otros beneficios que genera la ciclovías es la reducción de congestión vehicular y desplazamientos ordenados entre ciclistas y peatones que permiten una mejor movilidad.

Un carril de vehículos de alta ocupación, hace referencia a la medida aplicada especialmente en autopistas, que consiste en destinar un carril de la vialidad para el tránsito de vehículos con más de un ocupante (conductor y al menos un pasajero). Actualmente partiendo de este criterio se han establecido carriles para transporte público con autobuses que trasladan un gran número de personas y en un menor número de unidades, mejorando la calidad del aire y la operación vehicular con sólo utilizar el carril derecho de la vía, asimismo reduce los tiempos y costos de traslado en los usuarios.

Las vistas panorámicas, son elementos que promueven el paisaje, brindando una vista agradable a la carretera, que permite el desarrollo de planes de gestión de corredores, afín de que los usuarios cuenten con accesos e instalaciones que les permitan realizar recorridos en bicicletas y a pie, sin deteriorar o agravar el hábitat. Asignar áreas como paradores con vistas paisajísticas, esto permite la creación de carreteras turísticas, que fomentan la conservación del hábitat y la difusión cultural y recreativa.

La preservación de los sitios históricos y promoción de los valores culturales en diversos espacios de una carretera, se realiza incorporando elementos (monumentos y obras de arte) de carácter histórico y cultural, que promueven la integración al arte, y mejoran la apariencia de los proyectos carreteros, brindando oportunidad de promoción a los servicios de información histórica y cultural con accesos a lugares que son patrimonio de la nación, como parques, sitios históricos, monumentos, entre otros.

#### **4.2.4 ACTIVIDADES EN LA CONSTRUCCIÓN**

Un sistema de gestión de la calidad, es una herramienta que permite expresar una estructura organizada, procesos y recursos necesarios para la administración de una organización con base en los requisitos de ISO 9000. Las empresas constructoras certificadas en calidad, mejoran los procesos de construcción de carreteras, ya que cuentan con políticas, manuales y listados de procedimientos enfocados a la calidad, que brindan una satisfacción al cuidado del medio ambiente y a la seguridad de usuarios de la carretera.

La formación ambiental es un requisito que el personal de las empresas constructoras debe cumplir, con el objetivo de generar conciencia y soluciones pertinentes a los problemas ambientales, así mismo proporciona los conocimientos necesarios al personal para

identificarlos. Reducir al mínimo el impacto ambiental en carreteras, es una tarea primordial que se logra con el apoyo de un personal responsable y capacitado sobre el cuidado del medio ambiente, acciones que permiten una interconexión con el desarrollo sustentable.

Un plan para el reciclaje es una estrategia que permite asignar áreas especializadas como vertederos, para almacenamiento de residuos relacionados con la construcción de carreteras, y estos puedan ser reutilizados y/o tratados para su eliminación, minimizando su cantidad. Fomentar el reciclaje en los proyectos carreteros, tiene grandes beneficios ambientales en todas las fases del ciclo de vida de los materiales, ya que permite la reducción de emisiones que contribuyen al calentamiento global y a la conservación del medio ambiente con buenas prácticas ambientales.

La reducción del consumo de combustibles fósiles es una estrategia que permite reducir la demanda de estos para los vehículos y equipos, con el uso de mezclas de biocarburantes o biocombustibles. Reducir el consumo global de combustibles fósiles en la flota de equipos de construcción para carretera, ofrece beneficios para la salud y el medio ambiente, asimismo en la calidad del aire se reduce la presencia de dióxido de carbono que propicia el calentamiento global y su impacto en el cambio climático.

Un equipo de reducción de emisiones atmosféricas, es una solución que permite la operación de maquinaria de construcción sin deteriorar la calidad del aire, mejorando las condiciones del motor y escape, con filtros que permiten el uso de diésel mezclado con biocombustibles en el motor, y la reducción de emisiones en el escape. Otro aspecto a regular es el cumplimiento de las normativas de emisiones de los vehículos que trabaja en la obra. Reducir las emisiones atmosféricas durante el proceso de construcción de una carretera, beneficia la relación costo-beneficio en la operación de maquinaria, asimismo la salud de los operadores, promoviendo la conservación del medio ambiente.

La reducción de emisiones en el proceso de pavimentación es una estrategia que permite analizar las técnicas de pavimentación y sus variables como maquinaria y temperatura, afín de seleccionar la más favorable a la minimización de emisiones de sustancias volátiles que perjudican la salud de los trabajadores y el medio ambiente. Los análisis de pavimentación se apoyan de los resultados del ciclo de vida de los materiales para pavimento, y de las normas para la salud.

El seguimiento de uso del agua, es una herramienta que permite registrar y estimar su uso total durante el proceso de construcción principalmente, y mantenimiento de una carretera; garantizando su protección de acuerdo a la normatividad vigente. Los registros se deben complementarse con datos que permiten garantizar la salud y la seguridad laboral, como los lugares y fuentes de abastecimiento, potabilización del agua, actividad que requiere el uso y si ésta debe tener algún tratamiento, entre otras.

La garantía del contratista, es un instrumento que permite incorporar la calidad en el proceso de construcción de carreteras, a través del uso de garantías en los materiales, mano de obra y la rentabilidad a largo plazo, por parte del contratista. Los términos de garantías en carreteras se establecen por acuerdo de la dependencia responsable y el contratista, que determinan las políticas de garantías con base en los periodos de ejecución y acción correctiva.

#### **4.2.5 MATERIALES Y RECURSOS**

El análisis del ciclo de vida es una técnica que consiste en evaluar los impactos ambientales ocasionados en alguna de las etapas de los materiales implementados, para desarrollar inventarios que permiten identificar los impactos potenciales asociados a los consumos de energía, emisiones a la atmósfera, consumo de agua y el agotamiento de recursos naturales. La evaluación del ciclo de vida se antecede al proceso de evaluación ambiental, del análisis de costo de ciclo de vida y de los inventarios del ciclo de vida; y se realiza bajo los estatus de la normativa ISO 14040:2006.

El reciclado o recuperación de pavimentos es una técnica empleada en la etapa de mantenimiento de la superficie de rodamiento, que permite reducir los costos del ciclo de vida y los impactos ambientales, mediante la recuperación de material que integra la estructura de pavimento en un proceso de disgregación, para que éste sea reutilizado en una nueva estructura, mediante un proceso de mejoramiento con aditivos o incorporación de nuevos materiales.

El equilibrio de movimientos de tierras permite reducir los viajes de acarreo, en distancia y número de vehículos, bajo una estrategia de equilibrio que establece que el volumen de corte sea igual al volumen de terraplén. Esto asume que el material de corte de un área sea adecuado para uso de relleno en otra área del proyecto, aplicando técnicas de mejoramiento de suelos en casos donde no se cumpla con las especificaciones del diseño,

con la implementación de aditivos, cal, cemento, geomallas, emulsiones de asfalto, entre otros, que brindan mayor estabilidad al suelo.

El uso de materiales reciclados, es una estrategia que permite reducir los impactos ambientales y el costo de ciclo de vida en el proceso de construcción, a través del reúso. El manejo de materiales reciclados requiere la aplicación de herramientas, que permitan contabilizar la cantidad de almacenamiento, uso y desecho, a fin de desarrollar planes que fomenten un mayor ciclo de vida en los materiales, como parte del desarrollo sustentable en carreteras.

Los materiales locales son un elemento básico que permite a los constructores implementar estrategias en un radio de área definida, que ofrecen una gama de beneficios palpables en los análisis de costo-beneficio y reducción de impactos ambientales. Al promover su uso se disminuye el número de maquinaria y longitudes de acarreo de material, lo que permite reducir la cantidad de emisiones asociadas al transporte y el consumo de energía; recalcando que el material puede ser modificado con técnicas de mejoramiento en caso de no cumplir con lo establecido en el diseño.

La eficiencia energética, es una estrategia que reduce la cantidad de energía requerida para proporcionar los servicios de iluminación en carreteras, permitiendo minimizar los costos de energía, que representan un ahorro en los costos de mantenimiento, así mismo ayuda a controlar las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación lumínica. Los sistemas de iluminación deben cumplir con los estándares de normatividad, y con diseños adecuados para el proyecto, a fin de brindar seguridad para usuarios (conductores, peatones y ciclistas).

#### **4.2.6 TECNOLOGÍA EN PAVIMENTOS**

Un pavimento de larga duración es aquel en el que no se produce un deterioro significativo en las capas de terracerías y de estructura del mismo, también la capa de rodamiento debe cumplir con un mantenimiento oportuno, para brindar una duración de al menos 35 años. Su aplicación, consta de evaluar las capas del pavimento con la prueba de CRB (California Bearing Ratio) “Valor de Soporte California”, que permite establecer valores que propicien hasta 60 años de vida útil de acuerdo al tipo de sección y tránsito esperado, favoreciendo a

la minimización de los costos del ciclo de vida, ya que se reduce el proceso de rehabilitación y mantenimiento, aunque se debe tomar en cuenta que al principio los costos iniciales son mayores.

Un pavimento permeable promueve la conservación y calidad de las aguas pluviales que escurren sobre éste, con la implementación de planes de manejo que permiten desarrollar técnicas estructurales a través del uso de materiales porosos en las capas de base y sub-base. El diseño estructural de un pavimento permeable, ofrece una gama de beneficios favorables al medio ambiente como reducción de la erosión y contaminación de las aguas subterráneas, entre otros, pero también cuenta con pequeños factores que imposibilitan su aplicación en todos los proyectos carreteros, uno de estos es que no es adecuado para altos volúmenes de tránsito, sin embargo ante este escenario se puede implementar en el área de acotamiento (hombros), o las vías destinadas para peatones y ciclistas.

Las mezclas asfálticas en caliente se fabrican y se extienden a muy altas temperaturas que superan la ambiental, ocasionando un gran número de emisiones a la atmósfera que contribuyen al calentamiento global, lluvia ácida y la formación de smog, en todo su ciclo de vida. Acciones sustentables plantean disminuir la temperatura cambiando a mezclas asfálticas tibias, las cuales permiten reducir el uso de combustibles fósiles en su elaboración y disminuir su temperatura de colocación con aditivos permitidos, a fin de mejorar la salud de los trabajadores, asimismo se logra conservar el medio ambiente con la reducción del uso de energía y costos por su rendimiento al ser reutilizado en obras de mantenimiento de la carpeta asfáltica.

La técnica de pavimento en frío permite implementar estrategias sustentables que reducen la reflexión solar con el uso de materiales de color claro, y mejorar las temperaturas con la implementación de materiales porosos que permiten el enfriamiento al fluir el aire y el agua en la capa de rodamiento, propiciando el aislamiento del efecto de isla de calor urbano que deteriora al medio ambiente y la salud. Otro de los criterios que se deben tomar en cuenta es el albedo producido en los diferentes tipos de pavimento.

Un pavimento silencioso permite reducir el ruido ocasionado por el contacto neumático-pavimento a través de técnicas que controlan y evalúan su textura, para brindar beneficios que minimizan la contaminación acústica en el entorno y mejoran la salud de las personas. Otros esfuerzos de mitigación del ruido en carreteras generado por vehículos que involucran el claxon y los motores, son controlados con la aplicación de muros aislantes (barreras anti ruido), entre otras alternativas que deben ser analizadas en el proceso de

revisión ambiental al elaborar el plan de mitigación de ruido, con la finalidad de complementar la respuesta del pavimento silencioso.

El seguimiento del desempeño de pavimentos, es una herramienta que permite medir la calidad de construcción y la vida útil de un pavimento, a través de registros obtenidos en pruebas de densidad, asentamiento, contenido de agua, resistencia a la compresión y análisis de contenido de asfalto, por citar algunos, que muestran la situación existente del pavimento, para finalmente evaluar su comportamiento ante la presencia de grietas, fallas, desprendimientos, etc. y poder determinar una solución correctiva.

#### **4.3 SUSTENTABILIDAD Y TRANSPORTE**

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) definió al transporte sustentable como aquel que no compromete la salud pública y el medio ambiente y resuelve las necesidades de movilidad para las personas y mercancías, basadas en el uso de fuentes de energía renovables y su tasa de regeneración, o el uso de fuentes no renovables de energía apropiadas al desarrollo de fuentes de energía alternas para ser sustituidas.

Un sistema de transporte sustentable debe proveer la accesibilidad a las personas, a los lugares, a las mercancías y los servicios, de una manera ambientalmente responsable, socialmente aceptables y económicamente viables.

En un largo plazo el transporte sustentable debe proteger la salud humana, asegurar la integridad de los ecosistemas, respetar los límites para la salud y ecológicos (niveles críticos y de recarga), prevenir al mínimo la contaminación, asegurar la sustentabilidad en el uso de fuentes de energía renovable y evitar cambios inducidos por los humanos en el sistema ambiental que impacten la atmosfera y los océanos, proveer seguridad vial.

La OCDE desarrolló una guía mediante la cual se pretende asegurar el desarrollo hacia un transporte sustentable en los países miembros. Los factores clave para dicha guía fueron:

- Límites de CO2
- Su crecimiento e impacto al cambio climático
- La calidad del aire a nivel regional, en relación al NOx y a los químicos orgánicos volátiles
- La calidad del aire local donde existe una alta concentración de partículas volátiles
- El ruido originado por el transporte carretero
- Su impacto en la salud humana en zonas urbanas y suburbanas.

El uso del suelo debido a los cambios que sufre por la generación de nueva infraestructura para el transporte. (La cual contribuye a la fragmentación del hábitat, presión en la biodiversidad y desequilibrio en los ecosistemas).

#### 4.3.1 TRANSPORTE SUSTENTABLE AMBIENTALMENTE

La guía elaborada por la OCDE se denominó Transporte Environmentally Sustainable Transport (EST). Los criterios que incluye el documento son los siguientes:

- Desarrollar una visión a largo plazo sobre el futuro del transporte que sea sustentable para proveer beneficios a la salud de las personas y al medio ambiente, y de accesibilidad y movilidad.
- Determinar las tendencias de transporte a largo plazo, considerando todos los aspectos del transporte, sus impactos ambientales y a la salud humana, y las implicaciones económicas y sociales de acuerdo a los métodos de operación presentes (Business As Usual).
- Definir los objetivos de calidad para la salud humana y el medio ambiente, basados en estándares y criterios, y en los requerimientos de sustentabilidad.
- Establecer las metodologías para cuantificar el cumplimiento de los objetivos especificados para el sector en los términos de calidad de la salud humana y el medio ambiente. La periodicidad de verificación y los hitos.
- Establecer las estrategias para lograr un ETS y la combinación de medidas para asegurar el crecimiento tecnológico y los cambios en el transporte.
- Evaluar las implicaciones sociales y económicas, y asegurar que éstas son consistentes con los componentes social y económico de la sustentabilidad.

- Construir conjuntos de medidas e instrumentos para alcanzar las metas y objetivos del ETS. Destacar las estrategias "ganar-ganar" que se incorporaron, en particular, la política tecnológica, la inversión en infraestructura, precios, la demanda de transporte y gestión del tránsito, la mejora del transporte público, y el impulso a la bicicleta y a los peatones; capturar sinergias (por ejemplo, las contribuyen a la mejora de la seguridad vial) y evitar contrarrestar los efectos entre los instrumentos.
- Desarrollar un plan de implementación que consiste en la aplicación correcta por fases de paquetes de instrumentos capaces de lograr un EST teniendo en cuenta las circunstancias locales, regionales y nacionales. Establecer un calendario claro y asignar responsabilidades para su implementación. Evaluar si las políticas propuestas, planes y programas contribuyen en el EST y los sectores asociados que utilizan herramientas como la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE).
- Establecer disposiciones para el seguimiento de la aplicación y de información pública sobre la estrategia del EST, el uso de indicadores de transporte sustentables coherentes y bien definidos para comunicar los resultados, garantizar medidas de seguimiento para adaptar la estrategia de acuerdo con las aportaciones recibidas y nuevas pruebas científicas.
- Construir un amplio apoyo y cooperación para la aplicación del EST, que incluya a las partes interesadas, garantizando su participación activa y su compromiso, y permitir una amplia participación pública, aumentar la conciencia pública y proporcionar programas de educación. Asegurar que todas las acciones son consistentes con la responsabilidad global para el desarrollo sustentable.

#### **4.4 CARRETERAS SUSTENTABLES**

La Agencia Federal de Carreteras (FHWA) define a las carreteras sustentables como parte integral del desarrollo sustentable. Una carretera sustentable debe satisfacer los requisitos funcionales del ciclo de vida del desarrollo social y el crecimiento económico, mejorar el entorno natural y reducir el consumo de recursos naturales. Las características de sustentabilidad de un proyecto de autopista o carretera deben ser evaluadas y consideradas en todo su ciclo de vida, desde la concepción hasta la construcción, operación y mantenimiento.

La sustentabilidad en las carreteras debe abordarse con el entendimiento de que las carreteras son una parte de la infraestructura para el transporte, y el transporte es uno de los aspectos de las necesidades humanas. Además de abordar las necesidades de recursos ambientales y naturales, el desarrollo de una carretera sustentable debe centrarse en el

acceso (no sólo la movilidad), sino también al desplazamiento de personas y mercancías (no sólo vehículos), y proporcionar a las personas opciones de transporte, tales como rutas seguras y confortables para el senderismo, ciclismo, y el tránsito.

El transporte sustentable se puede describir o definir de muchas maneras, de tal forma que incluyan ampliamente los impactos ambientales, sociales y económicos, la seguridad, la asequibilidad y accesibilidad de los servicios de transporte. Las agencias de transporte han hecho frente a la sustentabilidad a través de una amplia gama de iniciativas, tales como Sistemas Inteligentes para el Transporte, Habitabilidad, Crecimiento Inteligente, Calles Completas, Reciclaje, Planificación y Medio Ambiente, Cumplimiento de la Ley Nacional de Política Ambiental (NEPA).

#### 4.4.1 CARRETERAS SUSTENTABLES (ERF)

Contar con infraestructura para el transporte más sustentable, como las carreteras, contribuye a la sustentabilidad, por eso la Federación de Carreteras de la Unión Europea desarrolló en el 2009 un documento que muestra paso a paso cómo alcanzar una carretera sustentable en el futuro.

La sustentabilidad en las carreteras va más allá de las consideraciones ambientales, debe incluir también los aspectos social y económico, en los proyectos y programas. La ERF, entonces, describe por etapas del proyecto las mejores prácticas de sustentabilidad, que son descritas a continuación.

##### 4.4.1.1 Diseño y planificación de carreteras

En esta etapa del proyecto se deben incluir en la planeación de las carreteras la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) dentro del proceso para evaluar los impactos ambientales que tendrá el proyecto. Por otro lado, la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) está desarrollando un rol importante como instrumento en la evaluación ambiental de planes y programas.

La fragmentación del hábitat es un efecto negativo de gran impacto sobre la biodiversidad cuando la carretera no está cuidadosamente diseñada. Para evitar el efecto de una barrera que ésta genera, puede ser a través de la construcción de pasos de fauna o con la preservación natural de los corredores biológicos.

Las áreas naturales con alto valor ambiental requieren especial cuidado, particularmente para evitar al mínimo los impactos ambientales y mitigar los necesarios, con medidas tales como los pasos de fauna, barreras anti ruido, diseño geométrico adecuado, uso de especies vegetales locales, etc.

Un diseño adecuado del alineamiento vertical de la carretera es necesario para reducir el consumo de energía en la operación de la carretera y bajar los niveles de generación de emisiones contaminantes emitidas a la atmósfera.

#### **4.4.1.2 Construcción, operación y mantención de una carretera**

La construcción y mejoramiento de las carreteras son una oportunidad para el diseño adecuado en el manejo del agua para proteger los escurrimientos subterráneos y los superficiales, evitando su contaminación y reducir hundimientos por la interferencia de los flujos.

El mejoramiento del estado del superficial de los pavimentos reduce el consumo de combustible. El uso de material reciclado en las carreteras que provienen de residuos de la industria suma un valor agregado a la sustentabilidad, porque permite ahorrar recursos económicos y provee un uso útil a los residuos.

El uso de estos subproductos industriales también reduce el consumo de recursos naturales, tales como los materiales provenientes de banco.

El uso de equipos menos contaminantes en las carreteras para realizar las actividades de conservación permite reducir el consumo de energía y los impactos ambientales asociados. La selección de materiales para la conservación también es importante en relación a disminuir sus impactos asociados, tales como los compuestos volátiles generados por el marcaje en los pavimentos.

Una tendencia actual es la optimización del uso de la infraestructura del transporte existente para incrementar su capacidad. Para ello es necesario el uso de herramientas incluidas en los Sistemas Inteligentes para el Transporte (ITS).

La implementación de mejores prácticas para la conservación y el mantenimiento de las carreteras permiten alcanzar aspectos de sustentabilidad, como el control de los residuos sólidos, la reducción del consumo de materiales y de energía en las actividades, disminución de las emisiones generadas y los accidentes en los vehículos que transportan materiales.

Recientemente se han incorporado junto a las carreteras resumideros para atrapar carbono y óxidos de nitrógeno. Esto se refiere no sólo a tener árboles que absorban CO<sub>2</sub>, sino a otros elementos de la infraestructura, tales como los pavimentos de concreto adicionados con otros compuestos químicos para la captura y eliminación de este tipo de contaminantes.

El ruido proveniente de la operación del tránsito es un conflicto entre las necesidades de movilidad en el transporte motor y el estilo de vida de las personas que residen junto a las carreteras, por lo que mitigar este aspecto para proteger la salud de las personas, es obligatorio. Para ello se requieren estrategias para el control del ruido o la implementación de medidas de mitigación como las barreras anti ruido o pavimentos silenciosos.

Cada año miles de animales son atropellados en las carreteras provocando su muerte. Actualmente existe una amplia gama de medidas para evitar la morbilidad de la fauna, tales como la instalación de cercas, dispositivos -como detectores y alarmas- para proteger a las especies, los cuales deben aplicarse a las carreteras.

Algunos países de la Unión Europea han desarrollado guías específicas para la protección del medio ambiente en áreas naturales protegidas que se encuentran cerca de las carreteras para evitar impactos negativos durante la construcción, operación y mantenimiento del camino.

El paisaje en las carreteras tiene tres aspectos importantes a tomar en cuenta. El primero es en relación a la demanda social de contar con paisajes para disfrutar y observar, el segundo, cómo integrar el proyecto cuidadosamente al medio ambiente con máximo

Respeto al paisaje y las zonas con alto valor ambiental y, finalmente, los niveles del servicio ambiental que el paisaje puede proveer. La participación social es crucial en cuanto a la percepción del paisaje, por el ser el actor principal.

#### **4.4.1.3 Financiamiento de la sustentabilidad**

El análisis del costo del ciclo de vida del proyecto donde los aspectos técnicos y financieros se encuentren debidamente requisitados, es un criterio importante en la sustentabilidad, de tal manera que al tener mejores caminos se consideren el incremento de la seguridad y la reducción de los impactos ambientales, lo cual es posible obtener bajos diferentes esquemas de apoyo individual.

La demanda social actual es contar con infraestructura para el transporte con mayores estándares de calidad, dirigida a satisfacer la movilidad, enfrentando los retos actuales de cuidado al medio ambiente y de la seguridad vial.

### **4.5 ESTÁNDARES DE CARRETERAS INTERNACIONALES**

#### **4.5.1 AVANCES TECNOLÓGICOS**

A medida que investigamos sobre autopistas o carreteras sustentables nos encontramos con varios avances tecnológicos en diferentes partes del mundo. Los países han desarrollado formas de aprovechar de mejor manera el diseño de las carreteras. La contaminación y la energía se han transformados en puntos claves para acercarnos cada vez a tener carreteras sostenibles.

Mostraremos algunos de los avances más importantes en nivel tecnológico dentro del ámbito internacional en cuanto a energía y contaminación.

#### 4.5.2 AUTOVÍA A-381

Esta carretera ha sido uno de los pilares a seguir dentro de los estándares en autopistas internacionalmente, es uno de los ejes varios más importantes de la provincia de Cádiz, situada al sur de España, como vía de comunicación natural de la Bahía de Algeciras con la de Cádiz, y principal acceso al Puerto de Algeciras, ya que lo conecta con las redes transeuropeas de transporte.

Presenta un importante condicionante medioambiental, puesto que su trazado discurre transversalmente por el Parque de Los Alcornocales, uno de los espacios naturales, de mayor riqueza ecológica y paisajística de Andalucía y en las cercanías de la laguna de Medina, incluidos ambos espacios en la Red Natura 2000 de la Unión Europea.

La Red Natura 2000 es una red ecológica europea de áreas de conservación de la biodiversidad. Consta de zonas especiales de conservación, establecidas de acuerdo con la directiva Hábitat y zonas de especial protección para las aves.

Su finalidad es asegurar la conservación de las especies y los tipos de hábitat en Europa, contribuyendo a detener la pérdida de biodiversidad. Es el principal instrumento para la conservación de la naturaleza en la Unión Europea.

La consejería de Obras Públicas y Transportes de la junta de Andalucía incorporó los factores medioambientales como elementos estructurales y funcionales en la planificación, definición y ejecución de los proyectos y las obras de este importante eje varío.

La principal novedad del modelo de gestión empleado consiste en identificar una metodología de trabajo basada en factores que caracterizan el medio delimitan su vulnerabilidad y de su capacidad de acogida. Así mismo, se otorga a la variable medioambiental un carácter de indicador que permite calificar la calidad final de la obra pública y de los procesos de gestión que se realizan.

Después de evaluar varias opciones, el organismo Andaluz optó por utilizar el corredor ocupado por la carretera existente.

Posteriormente comenzó el proceso de elaboración de un proyecto que tendría que minimizar e incluso anular los grandes impactos medioambientales directos a través de medidas preventivas y correctoras, diseñando falsos túneles para facilitar la integración paisajística de la vía y la permeabilidad transversal, aumentando la longitud de los viaductos para evitar afecciones a zonas de elevado interés y favorecer el paso de la fauna, reponiendo los pasos ganaderos y las vías pecuarias.

Además, para corregir los impactos difusos, era necesario que este conjunto de medidas se complementara con un ambicioso programa de acciones compensatorias en cumplimiento, de la directiva europea Hábitat. Estas se convirtieron en la actualidad en una de las principales señales de identidad de la autovía.

#### 4.5.2.1 PENSAR EN EL ENTORNO

La necesidad de obtener buenos resultados, tanto del punto de vista de calidad ambiental, como de diseño y ejecución, cabe destacar que una de las medidas fue dividir en 8 tramos la autovía para comenzar su construcción.

#### 4.5.2.2 MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS

- 1.-Se incrementó el número de estructuras y viaductos
- 2.-Se optó por alternativas como los puentes verdes o falsos túneles (menos agresivos con el entorno).
- 3.-Colocación de pasos de fauna
- 4.-Instalación de barreras anti ruido
- 5.-Compensación casi total del movimiento de tierra (evitar al máximo la necesidad de utilizar vertederos). Se trataron en un proceso de cal, para estabilizar las tierras no aptas, hasta cumplir con la calidad aceptable para su posterior empleo (4.5 millones de metros cuadrados de tierra).

Para decidir la mejor opción de trazado hubo una constante coordinación con técnicas medioambientales.

#### 4.5.2.3 MEDIDAS COMPENSATORIAS

Se solicitó la participación de un prestigioso centro de investigación “La Estación Biológica de Doñana”, perteneciente al Centro Superior de Investigación Científica.

Dicho centro procedió a identificar y seleccionar las medidas compensatorias para el proyecto.

Estas medidas no iban dirigidas directamente a mitigar los impactos de la construcción propiamente tal, sino al posible efecto difuso que estas pudiesen afectar o tener.

##### 1.-Montaje de bebederos

Destinados para el ganado y fauna silvestre en diversos montes públicos

##### 2.-Construcción de sub lagunas

Con el objetivo de favorecer hábitats reproductivos para las aves acuáticas y potenciando la población de anfibios.

##### 3.-Creación de islas flotantes

Islas artificiales, plataformas tipo pantanal, ofreciendo refugio a las nutrias

##### 4.-Creación de refugios

Fabricados con piedras para dar refugio

##### 5.-Pasos de nutria

Se adecuan a los pasos de la carretera sobre cursos de agua (obras de drenaje, puentes). Y se crean pasillos secos que favorecen el paso del animal, reduciendo el riesgo de atropellos.

#### 6.-Recuperación ambiental y restauración de hábitats.

Mejoras orientadas a la diversificación y naturalización de masas forestales existentes, mediante la planificación de especies autóctonas.

#### 7.-Restauración de riveras

Se mejoran las condiciones ecológicas de los márgenes de los ríos, mediante plantación de árboles y arbustos de rivera.

#### 8.-Jardín etnobotánica

Área de uso público, integrado en un entorno de notables valores paisajísticos y culturales. En él se desarrollan actividades científicas (conservación, investigación genética de plantas y divulgación científica).

#### 9.-Áreas de educación ambiental

Instalacion y equipamiento para fomentar la afluencia de visitantes hacia zonas ordenadas y controladas.

#### 10.-Refugio de murciélagos

Mejorar condiciones de refugios existentes y creación de nuevos refugios para esta especie.

#### 11.-Área de recuperación de conejos

Núcleos de repoblación en zonas controladas.

#### 12.-Tendida eléctrico

Se actúa en líneas tipificadas como peligrosas, mediante aislamiento de conductores, y el cambio de posición de seccionadores en cabecera. Reduciendo el riesgo de electrocución.

#### 13.-Adecuacion del mundo cinegético

Se sustituye el existente que no cumple con la normativa por una malla homologada.

#### 14.-Centro de cría en cautividad

Mejoramiento del centro de cría “El Picacho”, apoyando el desarrollo del corzo, y el programa de reforzamiento y reintroducción.

#### 15.-Restauración de sistemas lagunares

Se dota a la laguna de Medina de infraestructura de educación ambiental y se realizan correcciones hidrológicas en su periferia.

#### 4.5.2.4 TRÁFICO Y RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

La puesta en servicio de la Autovía A-381, genera cada año un ahorro superior a los 30 millones de euros, según los estudios de impacto económico realizados por la delegación provincial de Obras Públicas y Transportes, a través del Servicio de Carreteras.

Dada la inversión global realizada, se puede constatar que, en un periodo máximo de 14 años, la Autovía estará amortizada.

En el año 2003 la Autovía ecológica recibió el prestigioso galardón IRF “Global Road Achievement Award” en la categoría de medio ambiente, que otorga la Federación Internacional de Carreteras.

#### 4.5.3 PRIMERA CARRETERA EN LATINOAMÉRICA CON ENERGÍA LIMPIA

Sin ir muy lejos, en el país de Argentina, en la ciudad de Buenos Aires, se implementó el año 2015, un parque híbrido y eólico fotovoltaico, el cual cuenta con paneles solares y turbinas en algunos kilómetros de la autopista que une el norte con el oeste de dicha ciudad, los cuales generan energía limpia alimentando todo el alumbrado eléctrico y pórticos de peajes.

#### 4.5.4 SOLAROAD

SolaRoad es una pequeña carretera de tan solo 70 metros ubicada en la ciudad de Ámsterdam, que fue diseñada para bicicletas y vehículos. La idea consiste en cubrir las vías de desplazamiento con paneles solares (fotovoltaicos), capaces de aprovechar la energía solar alimentando la infraestructura de esta misma.

#### 4.5.5 AUTOPISTA SOLAR

China inauguró una sección de un kilómetro de una “autopista solar”, para realizar pruebas. La estructura de la vía, una circunvalación alrededor de Jinan, consta de paneles solares cubiertos con un material transparente que soporta el peso de los vehículos y permite el paso de la luz solar.

Los paneles, que cubren 5.875 metros cuadrados, pueden generar un millón de kilovatios/hora de energía en un año, lo suficiente para satisfacer la demanda diaria de alrededor de 800 familias, según Qilu Transportation Development Group, la compañía encargada de la obra.

Esta energía se utilizará para encender luces, señales, cámaras de seguridad y demás, mientras que el restante irá a la red estatal.

La autopista tiene un periodo de vida diseñado de 20 años. Cuenta con tres capas: una de cemento permeable a la luz en la parte superior; paneles de silicio amorfo delgado en la parte media, y una capa de protección aislada a prueba de agua en la parte inferior.

#### 4.6 AVANCES NACIONALES

En Chile a nivel nacional, contamos con el Ministerio de Obras Públicas, el cual está encargado de generar, reparar o solucionar los diferentes problemas que se vayan dando en cuanto a obras de bien público.

El Ministerio de Medio Ambiente, es la principal entidad responsable de la conservación de los recursos naturales, y de que los proyectos constructivos de gran envergadura no tengan o tengan el menor impacto posible, velando por la conservación de los recursos, en beneficio de la sociedad y de las futuras generaciones.

El Ministerio de Medio Ambiente se subdivide en varios departamentos, uno de ellos es el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) y la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), los cuales trabajan en conjunto para velar el fiel cumplimiento de las normas medioambientales.

El Servicio de Evaluación Ambiental, realiza la evaluación ambiental de proyectos según las normas vigentes, permitiendo la participación ciudadana.

La Superintendencia del Medio Ambiente, busca que se cumplan las normas vigentes, regula, fiscaliza y sanciona en caso de encontrar un incumplimiento.

A nivel nacional para toda obra vial se necesita crear un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), el cual cumple el objetivo de asegurar la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental, e imponen una obligación o exigencia cuyo cumplimiento debe ser acreditado por el titular del proyecto o actividad durante el proceso de evaluación.<sup>23</sup>

Globalmente el Estudio de Impacto Ambiental, además de identificar y reconocer cuales son las etapas u obras que podrían generar algún tipo de impacto, debe presentar planes o medidas que permitan mitigar estos daños.

#### Plan de medidas de reparación

Reponer uno o más de los componentes o elementos del medio ambiente a una calidad similar a la que tenían con anterioridad al impacto sobre dicho componente.

<sup>23</sup>Servicio de Evaluación Ambiental, Normativa y documentación aplicable, Ley 19,300

#### Plan de medidas de compensación

Producir o generar un efecto positivo alternativo y equivalente a un efecto adverso, identificado, que no sea posible mitigar o reparar.

#### Plan de medidas de mitigación

Evitar o disminuir los efectos adversos del proyecto o actividad cualquiera sea su fase de ejecución. (Artículo 98° del D.S. N° 40/12 RSEIA).

Además, el Ministerio del Medio Ambiente ha facilitado una gama de base de datos relacionados con el bienestar del medio ambiente, donde son publicados mapas, estadísticas e indicadores que permiten visualizar y controlar nuestra situación ambiental, de esta manera podemos tener registros de nuestro comportamiento en cuanto a contaminación y mejorarlo.<sup>24</sup>

- Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire:

Realizan monitoreo diario de la Capa de Ozono, de los Gases de Efecto Invernadero y Meteorología.

- Sistema Nacional de Informática Ambiental:

Proporciona indicadores en relación al agua, la calidad del aire, la biodiversidad, el cambio climático, el ruido, los suelos, etc.

- Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes:

Contiene información sobre las emisiones y transferencias al medio ambiente de sustancias químicas potencialmente dañinas.

Los avances ya mencionados son relacionados con la parte normativa y gubernamental del país. Chile también ha creado consciencia de la importancia de respetar los recursos naturales, por lo que ha investigado en materiales de construcción que puedan ser un aporte para disminuir los impactos en el medio.

<sup>24</sup>Yosselin Valverde, Puertos Sustentables, Avances Nacionales, 2018

Si bien en Chile las empresas necesitan hacer un Estudio de Impacto Ambiental en cualquier proyecto de gran envergadura, nos falta avanzar aún más en esta materia, sobre todo en la elección de la empresa que gana la licitación, esto quiere decir, que aún en nuestro país no existe un sistema de puntuación para las empresas licitantes según las medidas de mitigación que ellos presentan en su Estudio de Impacto Ambiental.

## **CAPITULO 5: PREMIOS NACIONALES E INTERNACIONALES**

### **5.1 THE GLOBAL ROAD ARCHIEVEMENT AWARDS**

Internacionalmente existe un reconocimiento, The Global Road Archievement Award, premio otorgado a proyectos y organizaciones líderes del sector, los cuales han servido como modelo para la continua mejora y promoción de las infraestructuras viarias. Estos premios nacen en el año 2001, desde entonces han conseguido dar a conocer diferentes proyectos con avances tecnológicos, medioambientales, energéticos, entre otros.

Los premios, reconocidos a nivel mundial, como uno de los más importantes en el sector, están promovidos y organizados por la federación internacional de carreteras, la cual es una organización no gubernamental formada en 1948, en la que están representados organismos públicos y privados de más de 70 países diferentes.

Entre sus miembros se encuentra la AEC, que se integró en la IRF tan solo un año después de su fundación, es decir, en el año 1949.

Este reconocimiento internacional se puede otorgar en más de 10 distinciones, en función de las categorías fijadas por la IRF:

- 1.- Investigación
- 2.-Fórmulas novedosas de financiación
- 3.- Diseño
- 4.- Tecnología
- 5.- Equipamiento y fabricación
- 6.- Organizaciones de defensa y promoción de la carretera
- 7.- Protección ambiental

- 8.- Metodología de construcción
- 9.- Conservación y seguridad
- 10.- Gestión del tráfico
- 11.- Sistemas inteligentes de transporte

Los criterios a evaluar para poder ganar esta distinción son los siguientes:

- 1.-Complejidad del proyecto
- 2.-Capacidad de Réplica (impactos asociados)
- 3.-Eficiencia y costos
- 4.-Avances tecnológicos
- 5.-Contribucion económica y sustentabilidad
- 6.-Innovación y originalidad en uso de tecnologías
- 7.-Investigación de nuevos equipamientos y productos
- 8.-Programas y procesos específicos

## 5.2 PREMIO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE RECYCLÁPOLIS

El premio nacional del medio ambiente, está abierto a todos los sectores económicos del país y la participación es gratuita. El objetivo de estos premios nacionales es reconocer los lineamientos estratégicos de las entidades chilenas que poseen un compromiso con la sustentabilidad y cuidado del medio ambiente.

Estos premios cuentan con diferentes categorías según el sector para el cual vaya dirigido el proyecto, categorías:

**TIERRA:** Proyectos relacionados con construcciones sustentables, avances en nuevos materiales de construcción, reciclaje o reutilización de materiales e inversión en mejoramiento de caminos y carreteras.

AGUA: Proyectos relacionados con iniciativas de suministro de agua potable, desalinización, riego, protección de canales y conservación de calidad del agua.

AIRE: Proyectos que se orientan al uso eficiente y consumo responsable de los recursos energéticos.

FUEGO: Proyectos relacionados con optimización de procesos de combustión, reducción de emisiones GEI, mejoramiento de la calidad del aire al interior de las faenas productivas.

NUEVAS GENERACIONES: Se reconocerán iniciativas de jóvenes que se estén alineando con estos conceptos

PROMOCIÓN DE LA CULTURA: Se reconocen iniciativas y proyectos que promuevan la protección del medio ambiente a través del arte y la educación.

## **CAPITULO 6: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE AUTOPISTAS SUSTENTABLES EN CHILE.**

En este trabajo de investigación hemos identificado varios aspectos relacionados a la sustentabilidad y carreteras o autopistas, vale decir, su materialidad, aspectos constructivos, diferentes calificaciones de las rutas, los elementos que las componen, las leyes que están involucradas y las diferentes entidades gubernamentales que están comprometidas con estos aspectos. En el siguiente capítulo propondremos ideas que pueden ser tomadas para llegar a una construcción más amigable con el bienestar de los recursos naturales, buscando la finalidad de conservar estos recursos en el tiempo.

### **6.1 DISEÑO DE UNA AUTOPISTA**

En esta etapa de diseño debemos tener en cuenta los diferentes materiales, elementos y tecnologías con las cuales podemos construir una carretera, buscando el menor consumo energético, el menor impacto económico, minimizar las emisiones contaminantes, entre otros aspectos. Además, cabe destacar que las autopistas se encuentran en constante evolución y desarrollo, la importancia de contar con carreteras de altos estándares es un beneficio tanto para los usuarios, como también, para el planeta (contaminación).

La tendencia de la construcción es de los sectores más grandes, tanto de la economía chilena, como de la internacional. Sin embargo, es uno de los que ha tenido menor participación en los esfuerzos de conservación y desarrollo sustentable. Esta tendencia es especialmente perturbadora si consideramos que la industria de la construcción consume enormes reservas de recursos primarios y energía, además de generar grandes cantidades de contaminación y material de desechos.<sup>25</sup>

Según la Profesora Patricia Martínez de la Escuela de Construcción de la Universidad de Valparaíso, candidata al Doctorado de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Católica, existen tres pilares fundamentales para el Desarrollo Sustentable de la Industria de la Construcción y se representan de la siguiente manera.

1. Reciclaje y Conservación de Materiales
2. Aumento de la Durabilidad de las Estructuras
3. Uso y Aprovechamiento de Sub-Productos de otras Industrias

#### 6.1.1 Emplazamiento

Si bien, las autopistas van emplazadas a lo largo de todo Chile, también contamos con autopistas interurbanas. Estos proyectos viales de gran magnitud e impacto, deben ser sometidos a una evaluación de impacto ambiental, para identificar las partes, obras y acciones del proyecto que pueden causar alguna alteración en el aspecto ambiental. Esta evaluación puede ser positiva o negativa, de ser esta última, el proyecto debe hacerse cargo e implementar en su programa medidas de mitigación, reparación o compensación en todo ámbito. Al llegar a una resolución se logra la obtención de la calificación del proyecto, junto con la acreditación del cumplimiento normativo ambiental y las autorizaciones para poder ejecutar dicho proyecto.

Todos los proyectos públicos se adjudican a empresas mediante licitaciones públicas, en las cuales se presentan y concursan las empresas privadas para adjudicarse el proyecto. Cada empresa debe presentar toda la documentación que se pida, es decir, una propuesta presupuestaria, las respectivas medidas sujetas al Estudio de Impacto Ambiental, entre otras.

En la actualidad no existe un sistema de calificación que tome en cuenta las diferentes propuestas del ámbito medio ambiente, esto quiere decir, que los estudios son clasificados con “cumple” o “no cumple”, según esto podemos concluir que tales estudios no se les

<sup>25</sup>(Martínez, P. Rol de la Industria de la Construcción en el Desarrollo Sustentable. Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA, 2003).

Toma la importancia que se les debiese tomar hoy en día, ya que la sustentabilidad en gran parte abarca la responsabilidad que tenemos nosotros con la explotación de los recursos naturales.

### 6.1.2 Materiales

Como bien hemos dicho la sustentabilidad no solo abarca el término de la obra, si no que parte desde los procesos más básicos. Las materias primas con los cuales se desarrollan los materiales, es por esto, que debemos privilegiar la conservación de los recursos naturales, utilizando materiales reciclados y desechos industriales que se puedan rescatar. Al hacer uso de desechos industriales liberamos a empresas y rellenos sanitarios de la acumulación de desechos que dañan los suelos naturales, el aire y la biodiversidad.

## CAPITULO 7: HORMIGONES SUSTENTABLES

El hormigón es el material que más se produce en el planeta y, pese a los avances en la tecnología de la construcción, ningún material lo ha podido reemplazar<sup>26</sup>. Esto se refleja en la cantidad de producción de este material, cerca de 25 billones de toneladas al año. El mismo escenario se vive en Chile, donde el 80% de las construcciones son hechas con este elemento<sup>27</sup>.

El cemento, material utilizado en la preparación de hormigones, es responsable del 5% al 7% del total de las emisiones de CO2 en el mundo, según la 05 Beauchef Magazine de la Universidad de Chile, hecho que respaldaría cualquier expectativa negativa en cuanto a la sustentabilidad del hormigón. Sin embargo, se realizó un estudio apoyado por el Massachusetts Institute Of Technology de Estados Unidos, que analiza el ciclo de vida de viviendas de hormigón y de madera en dos ciudades de diferentes características climáticas, Chicago y Phoenix, durante 60 años. La investigación dio como resultado que, a largo plazo, las emisiones totales de las casas de hormigón son: Un 5% en Chicago y un 8% en Phoenix, menores que el sistema en base a madera.<sup>28</sup>

“Lo que nosotros estamos haciendo es observar la sustentabilidad de los materiales de construcción, con un enfoque en su ciclo de vida, es decir, no solo analizar su etapa de

<sup>26</sup>Tecnologías del hormigón – MIT. Concrete Sustainability Hub. Revista Hormigón al día, 2018

<sup>27</sup>DÁVALOS, A. Una nueva mirada a los materiales de Construcción. Chile y el Carbono – La Mitigación para un Desarrollo Sostenible. REVISTA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, 2013

<sup>28</sup>DÁVALOS, A. Una nueva mirada a los materiales de Construcción. Chile y el Carbono – La Mitigación para un Desarrollo Sostenible. REVISTA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, 2013

Producción, sino su ciclo completo, de principio a fin. Con esta óptica te das cuenta de que algunos productos como el hormigón -a largo plazo- si son sustentables, incluso más que otros materiales, que se podrían considerar ecológicos en una primera instancia, pero que, al analizarlos en su vida útil, pueden contaminar más.<sup>29</sup>

En 2009 nace “The MIT Concrete Sustainability Hub, CSHub”, como un esfuerzo entre la academia a través del Massachusetts Institute of Technology (MIT), los productores de hormigón y el gobierno de los Estados Unidos, para desarrollar innovaciones que permitan construir estructuras más durables y sostenibles, en ambientes cada más exigentes y complejos. Que permitan reducir el impacto producido por el uso del hormigón. Con esta finalidad, el CSHub ha generado cuatro líneas de trabajo.<sup>30</sup>

## 7.1 EDIFICACIÓN

En el caso de la edificación, la investigación realizada por las CSHub, se enfoca en la durabilidad, la eficiencia energética y la resiliencia.

Se estima que para el año 2050, el 70% de la población mundial vivirá en ciudades, por lo que resulta de suma importancia investigar el comportamiento del cambio climático, el cual ha provocado en los últimos tiempos desastres naturales, reflejados en inundaciones, aluviones, tsunamis, terremotos, tornados, entre otros. Es por este motivo que la CSHub ha estudiado como combatir estos desastres de forma segura y sustentable.

La acumulación de altas temperaturas en los centros urbanos, provocan islas de calor dentro de las ciudades, reflejan la poca o casi nula ventilación natural de las grandes ciudades, lo que lleva a replantearse la forma de diseñar las calles y construcciones en un corto plazo.

## 7.2 PAVIMENTOS

Otra área a la que el CSHub ha destinado importantes esfuerzos y recursos es el pavimento. Por una parte, cómo lograr pavimentos más eficientes y, por otra, cómo diseñar estructuras capaces de generar menos emisiones contaminantes, así como menos consumo de combustibles para los automóviles. Una de las investigaciones realizadas por el CSHub intenta responder la pregunta sobre cuál es el impacto del pavimento en el rendimiento de los vehículos. La interacción pavimento-vehículo (PVI, por sus siglas en inglés), es un concepto que analiza la relación entre los neumáticos y la superficie sobre la cual se conduce. Según el CSHub, hay tres factores que influyen significativamente en el PVI:

<sup>29</sup>EDUARDO SANHUEZA, subdirector de IDIEM

<sup>30</sup>Tecnologías del hormigón – MIT. Concrete Sustainability Hub. Revista Hormigón al día, 2018

- La aspereza, que se refiere al estado del camino
- La textura o la abrasividad de la superficie
- La deformación, o los cambios en el pavimento según el peso del vehículo.

El CSHub también ha puesto atención sobre el ciclo de vida del pavimento, desde su fase inicial de construcción hasta la demolición. En el caso del pavimento se deben considerar una serie de factores que van desde la mantención, hasta las horas peak de tráfico y qué tan colapsados o no podrían estar los caminos, en qué horarios, durante qué días de la semana, mes o año. El trabajo del CSHub ha sido, principalmente, poner atención en la multiplicidad de factores que impactan en las estructuras, permitiendo así reducir costos y potenciar al máximo el uso de las estructuras.

### 7.3 DURABILIDAD

El hormigón no está libre del deterioro. Es por esto que la investigación del CSHub se ha enfocado en generar las condiciones para protegerlo de eventos como el congelamiento o la corrosión, entre otros fenómenos naturales. Una de las ventajas del hormigón es que su comportamiento puede ser estudiado de manera objetiva, permitiendo precisar qué pasará con él en los próximos 50 o 100 años. Esta es una ventaja que permite proyectar el impacto en el material y anteponerse al daño.

La durabilidad de un material se mide por cuánto tiempo puede resistir sin presentar un deterioro significativo o necesitar reparación o reemplazo. Conocer de antemano su desempeño y comportamiento ante ciertos eventos es una ventaja no solo medioambiental, sino también económica, al reducirse los costos asociados a las reparaciones y cambios.

### 7.4 CIENCIA DEL HORMIGÓN

Desde lo nano a lo macro, desde las partículas más pequeñas hasta las macro estructuras. El desafío del futuro está en conseguir materiales más resistentes, más sustentables y que produzcan menos impacto en el medioambiente. Las técnicas de investigación aplicadas por el MIT entregan algunas luces sobre cómo mejorar el diseño del hormigón y cómo reducir la emisión de CO<sub>2</sub>. Una de las investigaciones del CSHub guarda relación con el daño en escala microscópica que sufre el pavimento luego de las heladas, un evento bastante frecuente en buena parte de Estados Unidos, donde viven inviernos muy crudos, con presencia de escarcha, hielo y nieve.

La investigación que realiza el CSHub alerta sobre la importancia de analizar los factores ambientales en el comportamiento de los materiales y estructuras, pero también pone el foco sobre cómo algo tan natural a las civilizaciones como la construcción de infraestructura, no puede ser considerada como algo ajeno a su entorno, sino que debe ser entendido como un sistema completo.

Es importante destacar los principales componentes que el cemento utiliza a nivel mundial, estos son el Clinker, el yeso y adiciones.

La fabricación de cemento comienza con la calcinación de la caliza con la arcilla, ambos recursos no renovables son calcinados a altas temperaturas, para luego ser ingresados a la molienda junto con el yeso y las adiciones que se requieran para producir el cemento que se busque o se requiera.

Es en este sentido que Chile ha sobresalido a diferencia de muchos países productores de cemento. En nuestro país se producen cementos Puzolánicos de origen natural y artificial. Las adiciones naturales provienen de rocas volcánicas, las cuales son un material renovable gracias a la actividad volcánica que se encuentra en nuestro territorio. La puzolana artificial se fabrica con cenizas volantes, residuos sólidos, producto del carbón utilizado en las termoeléctricas. Este hecho permite la disminución del uso del Clinker, lo que proporciona beneficios en la durabilidad del material alargando su vida útil. Con estas herramientas podemos decir que los hormigones fabricados en el país se acercan a la sustentabilidad.

Las termoeléctricas son las que poseen mayor capacidad en potencia, más que las hidroeléctricas, las plantas eólicas, las fotovoltaicas y las geotérmicas. El 37% de las empresas termoeléctricas en Chile funcionan en base a carbón. Afortunadamente, se hace factible el uso de este residuo en la industria de la construcción, tomando responsabilidad de los desechos nocivos que se liberan al medioambiente y además como producto de su uso, se sobrepasan los requerimientos normativos pudiendo rescatar que este tipo de cemento es beneficioso desde el punto de vista económico, social y medioambiental, ya que se reemplaza el uso de recursos naturales no renovables por otros de carácter renovable o por desechos industriales disponibles, que no deben ser procesados de la misma forma para su uso en la composición del cemento. Así mismo, libera la atmósfera y la biodiversidad de material particulado, aumenta la durabilidad de las estructuras, reduce el proceso de fabricación, el consumo energético y las emisiones por su producción.<sup>31</sup>

<sup>31</sup>Puertos Sustentables, Yosselin Valverde

Si bien existe un claro ejemplo en este caso sobre producción consiente y responsable de material, necesitamos que global y nacionalmente todas las empresas lleguen a tener la misma visión sobre sustentabilidad con el apoyo gubernamental que corresponda.

Al referirnos a producción de materiales, no podemos dejar afuera el hormigón el cual necesita de arena, ripio y grava, los cuales abarcan cerca del 71% de la mezcla. La explotación de terrenos para conseguir estos áridos ha sido un tema en los últimos años, ya que ilegalmente personas naturales han explotado las riveras de los ríos, buscando el bien propio.

Es por este hecho que diversas entidades han indagado e investigado sobre generar hormigones con áridos reciclados, es decir, rescatar material de hormigones que ya cumplieron su vida útil o son demolidos por causas extraordinarias, pasados claramente por un proceso de trituración y tamizado.

En el año 2015, investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California, México, ensayaron la reutilización de escombros de concreto hidráulico como nuevo material en procedimientos constructivos. De esta investigación pudieron concluir que al utilizar un 20% del total de áridos gruesos y un 5% de áridos finos reciclados a partir de hormigones de alta calidad, se obtienen resistencias a la compresión comparables con hormigones con agregados naturales, para su utilización como hormigones estructurales.<sup>32</sup>

Gracias a esta investigación podemos pensar que si es posible crear nuevas formas de fabricar los materiales actuales de la construcción de una manera menos contaminante. Los laboratorios son una de las mejores formas de comparar el comportamiento de la diferente gama de materiales que son necesarios para diferentes construcciones, pero fabricados de una manera más amigable con el medio ambiente.

Otro artículo promueve la fabricación de bloques de hormigón con áridos reciclados, la cual puede ser una alternativa no solo para la edificación, sino también para el uso de adoquines en pavimentos urbanos.

<sup>32</sup>GUTIERREZ MORENO, José Manuel; MUNGARAY MOCTEZUMA, Alejandro; HALLACK ALEGRÍA, Michelle. Reuse of Hydraulic Concrete Waste as a New Material in Construction Procedures: a Sustainable in Northwest México. Revista de la construcción, 2015, vol. 14, no

## CAPITULO 8: PAVIMENTOS SUSTENTABLES

“Se está trabajando en nuevas tecnologías que están permitiendo el desarrollo de carreteras de concreto con un rango de vida mucho mayor, cercano a los 50 años, así como la implementación de concretos permeables, o el denominado Roller Compacted Concrete. Este nuevo concreto es utilizado en diferentes campos de la industria, en el cual se requiere un rendimiento mayor por carga y bajo mantenimiento, pero, con un costo similar al del asfalto flexible.”<sup>33</sup>

Características sustentables de los pavimentos de concreto:

- Está siendo mejorado tanto en flexibilidad, como en textura, en especial para carreteras y/o autopistas, es decir, vías rápidas
- Menor resistencia al rodamiento (fricción), en comparación con las carpetas asfálticas, lo que provoca un ahorro de combustible en los vehículos.
- En términos de ahorro de energías, este tipo de pavimentos disminuye las necesidades de iluminación de las vías y reduce el efecto de islas de calor en las ciudades, así como, la producción de smog.
- Se puede realizar sobre carpetas asfálticas sin generar residuos por eliminación del pavimento existente.
- En el caso de utilizar concretos permeables, la principal y más importante aportación es que podemos aprovechar las aguas pluviales y evitar inundaciones.

Al entrar en este tema podemos encontrar diferentes puntos de vista pensados en la sustentabilidad, por un lado, encontramos las losas de hormigón que comparándolas con los caminos de asfaltos tienen una mayor vida útil, alcanzando cerca de los 50 años y con una mínima mantención. Por el contrario, las carpetas asfálticas tienen un costo menor que las losas de hormigón, pero son deformables a lo largo del tiempo, por lo que su vida útil alcanza alrededor de 15 años y su mantención es más alta que las losas de hormigón, siendo su mantención una tarea muy importante.

Los bloques de hormigón diseñados mediante el método de dosificación de mezclas de hormigón propuesto por Faury – Joisel y confeccionados con áridos reciclados pueden ser

<sup>33</sup>Dr. Norbert Delatte, Ingeniero civil, experto en pavimentos y reconocido profesor

Utilizados como elementos constructivos estructurales en la medida que cumplan con los estándares exigidos por la normativa nacional.

Utilizar reciclado en la fabricación de hormigón y bloques colabora con problemas medioambientales provocados por la extracción de áridos naturales y la generación de residuos, producto de la actividad de la construcción.

Según el Observatory of Economic Complexity, Chile es el principal exportador de cobre en el mundo, alcanzando en el 2016 un 19% del valor total de sus exportaciones, entre cobre refinado y mineral de cobre.

Según Jacques Wiertz, coordinador técnico de Gecamin, en su publicación: “Chile, gran productor de residuos mineros” en la revista HSEC en noviembre del 2012, respalda que aproximadamente cada tonelada equivalente de cobre producida, genera el orden de 300 a 400 toneladas de residuos mineros, como la escoria de cobre que habitualmente es depositada en vertederos donde intervienen el entorno por décadas.

Con estas referencias se hace indispensable pensar alguna forma de reutilizar estos residuos provocados por la minería, darles un nuevo uso para que las ciudades y pueblos que están aledaños a estas grandes mineras o vertederos de residuos, no se transformen en víctima de alguna catástrofe.

Una publicación realizada por el diario oficial: Journal of Material Cycles and Waste Management destaca el uso de residuos, como la escoria de cobres en hormigones, incrementando su resistencia a la compresión. Este concreto es lo suficientemente seguro como para ser utilizado en aplicaciones ambientales, en plataformas de carreteras y como material de relleno. Por lo tanto, debido al uso beneficioso del material inmovilizado, este tipo de uso industrial de desechos y subproductos parece ofrecer una forma prometedora de mejorar el medio ambiente sostenible en los países en desarrollo.

Otras investigaciones estudian la factibilidad del reemplazo de escoria de cobre por arena en hormigones de alta resistencia, donde se recomienda usar un 40% en peso de escoria como reemplazo de arena para obtener hormigones con buenas propiedades.

Los resultados en cuenta a densidad del hormigón aumentan a medida que aumenta el uso de escoria, esto refleja la importancia de desarrollar hormigones que nos permitan utilizar la escoria de cobre en nuestro país alcanzando un nivel de fluidez y resistencia para que pueda ser utilizado como pavimento en nuestras carreteras o como relleno base de nuestros caminos.

Las ciudades mineras como Antofagasta, Calama, Copiapó y Coquimbo, están ubicadas al norte de nuestro país, por lo que podemos pensar en utilizar los residuos de estas mineras para fabricar pavimentos cercanos a estas ciudades, mientras que al sur podemos utilizar hormigones de origen Puzolánicos, gracias a la gran actividad volcánica con la que contamos.

En Chile la empresa minera CODELCO hizo entrega de más de dos millones de toneladas de escoria de cobre proveniente de la Planta Ventanas, para la construcción de caminos en Puchuncaví y Quinteros en el año 2015. El proyecto de reutilización de residuos significó un ahorro de más de 500 millones de pesos para el estado.

En el ámbito internacional en países como Estados Unidos y Japón la escoria de cobre es utilizada como árido alternativo para estabilizar caminos, debido a su rendimiento, tanto a nivel de resultados y costos, siendo muy superior comparado con otros materiales que se usan para la compactación de suelos. Además, puede usarse como agregado para concretos asfálticos, tratamientos y sellados superficiales de plazas, caminos o calles<sup>86</sup>.

## 8.1 ASFALTO NOXER

Si hablamos sobre pavimentos sustentables no podemos dejar de mencionar un avance interesante sobre pavimentos ecológicos, un claro ejemplo de esto es el llamado Asfalto Noxer, el cual tiene la característica de absorber parte de la contaminación que producen los vehículos que funcionan con hidrocarburos.

Los principales componentes de este pavimento son los siguientes:

Óxido de titanio en estado líquido, se ubica en la parte porosa del betún. Gracias a los rayos ultravioletas procedentes del sol, se produce un efecto llamado “fotocatálisis”, una reacción química, por la que los óxidos nitrosos emitidos por el tubo de escape de los automóviles,

se transforma y quedan adheridos en el asfalto. 20% residuos de la industria de la construcción, escoria de acería, neumáticos fuera de uso, cenizas biomasa y lodo o materiales del da grado de los puertos.

La eficiencia de este pavimento depende directamente de la radiación solar, por lo que en días soleados puede llegar a eliminar hasta un 90% los contaminantes.

Ciertamente este pavimento se ha estado desarrollando en el ámbito internacional, algunos países europeos ya están contando con esta tecnología. Ciudades como Madrid, Milán, París, Londres, Durango y Vizcaya son algunas de las ciudades europeas donde se están probando estos llamados pavimentos ecológicos, dando resultados positivos.

## 8.2 ECOADOQUINES

Los elementos prefabricados como los adoquines de concreto o también llamados adocretos, son una buena solución si pensamos en la modificación o ampliación de sus instalaciones. Estos adoquines al ser prefabricados permiten tener una trabajabilidad más limpia y adaptables a los terrenos. Su alta resistencia lo hace ser una solución sustentable, incluso más que algunos tipos de pavimentos, en ciudades antiguas aún se pueden encontrar calles o caminos con estos bloques, como es la calle Pedro de Valdivia, Providencia. Su mantenimiento es casi nulo y su colocación no necesita de grandes maquinarias, ya que son más bien instalados por personal capacitado.

Estos adoquines al ser prefabricados pueden ser de uso reciclado o confeccionados con áridos reciclados, siguiendo un posterior estudio en laboratorio para cumplir con las normas vigentes de vialidad.

Olga Penagos Piñeros, Ingeniera Civil de Iquique con Magister en Gestión y Derecho Ambiental, en el año 2014, propuso el diseño de adoquines sustentables, que incorporan residuos mineros y conchas de mar provenientes de Caleta Pisagua. Los estudios respecto a la factibilidad de estos residuos han sido apoyados por CORFO y son realizados en el Departamento de Biología Marina de la Facultad de Recursos Renovables de la Universidad Arturo Prat, donde se han obtenido resultados exitosos en cuanto al comportamiento mecánico, en pruebas de resistencia a la compresión, porcentaje de absorción y en la incidencia sobre el medio ambiente, estudiado en especies vivas, los resultados arrojan que se encuentran dentro de las normas, dependiendo del uso para el que se requiera.

El Proyecto Cuesta de Toro en Alto Hospicio trata de un mirador turístico en este sector, el cual contara con estos adoquines sustentables.

Proyectos como el mencionado son un claro ejemplo, investigar sobre la fabricación de materiales con recursos renovables y naturales que nos puedan ayudar a tener un mejor comportamiento frente a nuestra propia contaminación con la naturaleza.

### 8.3 DAÑOS EN PAVIMENTOS

Los daños en pavimentos son innumerables, la gran demanda de tránsito por las vías ocasiona desgastamiento por roce, lo que provoca grandes grietas sobre la capa superficial de la autopista, otorgándoles grandes inconvenientes a los vehículos y a los usuarios. Es por esta razón que se han estudiado soluciones sustentables para dar solución al problema.

A nivel mundial, un 95% de los pavimentos son de asfalto, cuya principal ventaja es su flexibilidad en comparación a los de hormigón. Sin embargo, con el paso del tiempo dicho material incrementa su rigidez frente al proceso de oxidación, volviéndose frágil y propenso a sufrir agrietamientos

Una investigación realizada por Guillermo Thenoux, profesor de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Universidad Católica de Chile, trata sobre como los orujos de uva pueden llegar a disminuir los daños en los pavimentos chilenos.

Se realizaron pruebas con productos de la cepa de Cabernet Sauvignon que disminuían las grietas por envejecimiento de los caminos o carreteras de asfalto, gracias a su propiedad antioxidante.

“Los resultados demostraron que las muestras de pavimentos con un 10% de adición de antioxidante de orujo de uva, redujeron el factor de fatiga en un 14%. Además, mejoraron su comportamiento frente al agrietamiento que experimentan a baja temperatura”

En paralelo, las muestras fueron sometidas a tratamientos de envejecimiento de corto y largo plazo, según los estándares internacionales para el desarrollo de pavimentos asfálticos de alto desempeño.

Estos resultados sugieren que el orujo de uva podría constituir una alternativa factible para la reducción del daño oxidativo en ligantes asfálticos, contribuyendo así a mejorar la durabilidad de los pavimentos.

Los investigadores han calificado a dicho bioproducto como la fuente de antioxidantes más promisorio. Esto considerando que un 20% de la producción mundial de uvas se transforma en orujo.

Según la Organización Internacional de la Viña y el Vino, la producción mundial de uva alcanzó unos 76 millones de toneladas en 2016, de las cuales cerca de 40 millones fueron destinados al sector vitivinícola.

El estudio es parte de un proyecto Fondecyt, que tuvo además el apoyo de la Universidad de la Frontera, de Vialidad del MOP y del Centro de Ingeniería e Investigación Vial del DICTUC. También trabajaron dos alumnos de doctorado del profesor Thenoux, Alejandra Calabi y Gonzalo Sandoval.

#### 8.4 STONE MASTIC ASPHALT (SMA)

Desde 1968 los pavimentos SMA son usados con gran éxito en las rutas de elevado tránsito. Debido a su excelente performance, las autoridades viales de Alemania y otros países europeos han incorporado esta tecnología en sus Especificaciones Standard. Después de un estudio efectuado por una delegación vial de los Estados Unidos de Norteamérica en 1990 en varios países de Europa, se decidió efectuar tramos de ensayo SMA en 23 estados, especialmente en Maryland y Georgia. En los últimos años también en Asia el SMA es usado como el pavimento más apropiado. Países como China, Japón, Corea del Sur, Hong Kong, Taiwan y Filipinas los han adoptado. Australia y Nueva Zelanda se han sumado y utilizan la tecnología SMA. Actualmente a nivel nacional, autopistas como la ruta 5 sur, cuenta con tramos de este estándar.

La composición de SMA se caracteriza por el alto contenido de áridos gruesos y su distribución en un esqueleto de estructura controlada. Los vacíos de la matriz están rellenos por un mastic bituminoso de gran viscosidad. El elevado contenido de agregados de por lo menos 70%, asegura un contacto perfecto entre las partículas posterior a su compactación. El grado de viscosidad del mastic se obtiene por el agregado de arena triturada. Las mezclas de SMA tienen un contenido de asfalto entre un 6.5 a 7,2%. El bitumen se mantiene estabilizado en la composición granulada de áridos durante el

proceso de mezcla, almacenaje intermedio, transporte, pavimentación y compactación por el agregado de un aditivo en base a fibras celulósicas.

La utilización de fibras celulósicas no modifica químicamente al bitumen, pero interviene en las propiedades físicas permitiendo incrementar el contenido del mismo. Tiende a espesar o conferir una reología al bitumen evitando que el mismo drene de la mezcla previo a la compactación. Las fibras de celulosa pueden utilizarse en forma de “pellets”. El VIATOP de J. Rettenmaier & Söhne es una combinación de fibras con bitumen en forma de “pellets” que puede ser utilizado con facilidad y agregado durante la preparación de la mezcla. El contenido de fibra celulósica debe ser 0.3% en peso calculado sobre mezcla total (aprox. 0.5% de VIATOP que contiene 66% de fibra).

Una de las características del SMA y por lo cual se ha desarrollado en gran cantidad de los países a nivel mundial, son las siguientes:

- ✓ BUENA ESTABILIDAD A ELEVADAS TEMPERATURAS
- ✓ BUENA FLEXIBILIDAD A BAJAS TEMPERATURAS
- ✓ ELEVADA RESISTENCIA AL DESGASTE
- ✓ ELEVADA CAPACIDAD ADHESIVA ENTRE LOS AGREGADOS Y EL BITUMEN
- ✓ SER UNA MEZCLA QUE NO TIENDE A SEPARARSE
- ✓ BUENA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO
- ✓ SALPICADO REDUCIDO
- ✓ MENOR RUIDO DE TRÁFICO

## **CAPITULO 9: CONSTRUCCIÓN VIAL**

En este capítulo daremos sugerencias paso a paso, teniendo el objetivo de orientar su ejecución buscando la sustentabilidad. Cabe recordar que la sustentabilidad comienza desde que nace la idea de un proyecto hasta que se termina su vida útil.

Debemos tener presente que todas nuestras rutas se construyen en un medioambiente de flora y fauna, por lo que tenemos que diseñar siempre pensando en disminuir lo mayor posible la intervención de nuestras autopistas con el entorno, esto quiere decir, que no se

debe solo tener en cuenta la opción que tenga el menor valor monetario, si no tomar una decisión consiente y responsable sobre donde emplazar nuestro camino de comunicación.

La construcción trae consigo riesgos que no siempre pueden ser evitados de una forma total, nos referimos a los riesgos específicos, los cuales son por actividad en la ejecución afectan a la obra misma y los riesgos genéricos, que por la misma obra en sí o casos fortuitos afectan el medio que los rodea.

Para reducir, mitigar y/o compensar estos tipos de riesgos se debe implementar un plan de mitigación para cada tipo de obra que se ejecutará en el proyecto.

### 9.1 RELLENOS

Como se mencionó en el capítulo sobre cómo se construye una carretera o camino, se necesita excavar el terreno teniendo en cuenta las pendientes y compactaciones correspondientes, para luego rellenarlo con un material estable, formando la sub-base y base posteriormente.

Estos rellenos como vimos dentro de nuestra investigación pueden ser hechos con material reciclado, es decir, reutilizar áridos de otras construcciones o de la misma excavación si es que cumplen con las normas de laboratorio. También, podemos utilizar materiales como el residuo de cobre en la medida que sea posible, tomando en cuenta todas sus propiedades e investigando su comportamiento con mayor profundidad, buscando la mejor propuesta.

Los materiales que no son aptos para relleno, deben ser llevados a un botadero autorizado por ley, transportado por camiones que tengan todas sus revisiones técnicas actualizadas y tapando la parte de carga para que ningún material sea un riesgo para algún particular, además en zonas urbanas, los neumáticos deberán ser mojados para no contaminar los caminos con material o partículas volantes.

### 9.2 TRANSPORTE

Se deberá ser riguroso sobre este tema, para intentar acercarnos a la sustentabilidad es necesario contar con maquinarias nuevas, es decir, tener herramientas y maquinaria que

produzcan el menor ruido posible, la mejor vibración, entre otros aspectos. Además, se deberá contar con un plan de control para revisar tales maquinarias mecánicamente para que sean ajustadas a medida que no cumplan con los rangos.

El uso de camiones híbridos o eléctricos se ha desarrollado en una gran cantidad de países, hoy en día nuestro país está implementando buses eléctricos, por lo que podemos llegar a pensar qué en un futuro no muy lejano, podamos contar con maquinarias de la misma índole.

Todo transporte debe ser lavado con manguera de agua a alta presión, esta medida de mitigación busca disminuir la contaminación superficial en las autopistas y evitar daños por áridos o materiales que puedan impactar a otros vehículos.

### 9.3 ACOPIO DE MATERIAL

Las zonas de acopio deben ser situadas de manera estratégica, por lo que, deberán ser ubicadas en un lugar donde se permita el tránsito de manera fácil, expedita y segura para las maquinarias de transporte y además segura por la acción del viento y libres de agua. La pantalla atrapa-polvo puede servir de ayuda para limitar la propagación de material particulado.

### 9.4 TOPOGRAFÍA

Se deberá tener un control topográfico total sobre las dimensiones, altitudes, espesores y ubicaciones de todas las pistas según corresponda. Se deberán tomar muestras de todos los materiales colocados en la obra, es decir, rellenos, hormigones, carpetas de asfaltos, etc. Para corroborar que cumplen con los estándares diseñados. De no ser así, el material debe ser retirado completamente para proceder a colocar el correcto.

### 9.5 PLAN DE MITIGACIÓN

Si bien en todas las obras existe un plan de mitigación realizado por el departamento de prevención de riesgos, es necesario que se sea riguroso sobre la contaminación acústica, las islas de calor provocadas por los materiales a altas temperaturas, entre otros. Es por esto

que se deberá primero aislar lo mayor posible el área de trabajo de la vida urbana. Para mitigar las islas de calor, los trabajos se pueden realizar en horarios con bajas temperaturas, buscando el bienestar de los trabajadores y el entorno.

## CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo de investigación es orientar que nuestras obras viales puedan alcanzar la sustentabilidad, mejorando los estándares de nuestras carreteras, haciéndole un bien a nuestra sociedad y a nuestro medioambiente.

Actualmente es nuestro país al momento de iniciar una licitación se exige un plan de impacto medio ambiental, con el objetivo de mitigar o eliminar los impactos más desfavorables para los alrededores urbanos y cumplir con las exigencias que impone la ley.

En una entrevista propia, formulada directamente con un agente del Ministerio de Obras Públicas llegué a la conclusión de que el Plan de Impacto Medio Ambiental se exige a las constructoras, pero no es evaluado con alguna calificación sobre los otros concursantes de la licitación, es decir, solamente se observa si “cumple” o “no cumple” con el documento requerido.

Por otra parte, concluí que estamos lejanos a tener carreteras sustentables de gran envergadura, ya que aún no entendemos bien que abarca la sustentabilidad en un proyecto, vale decir, económico, social e infraestructura.

## RECOMENDACIONES

- Exigirles a las empresas privadas (concesionarias), certificar internacionalmente sus sistemas de gestión. (Calidad, seguridad, medio ambiente, energético).
- Promover, tanto en el ámbito privado, como en el público, la reducción de GEI, potenciando el uso de energías limpias y el desarrollo sustentable.
- Potenciar el uso de tecnologías amigables con el medio ambiente, un ejemplo de esto: “Carretera Sustentable Argentina”.
- Modificar el Sistema de licitaciones de proyectos viales, buscando un criterio para que las propuestas sean calificadas según su Plan de Impacto Medio Ambiental. De esta forma buscamos el compromiso a realizar obras sustentables.

- Gubernamentalmente que exista un apoyo a las empresas públicas y ministerios para investigar, desarrollar y apostar por propuestas sostenibles.
- Integrar aún más el Sistema de Transporte eléctrico, desplazando en su totalidad a los buses que trabajan a combustión.
- Exigir la implementación a las empresas de invertir en maquinarias híbridas, que sean amigables con el medio, esta implementación debiese ser parcial.
- Fomentar la investigación e implementación de residuos de las obras como un nuevo aporte a la construcción.
- Desarrollar nuevos materiales reciclados que cumplan con las normas nacionales y puedan ser usados en distintas etapas del sector vial.
- Exigir un estándar a todas las autopistas concesionadas, que avancen hacia la sustentabilidad, no solo en el diseño, si no en cuanto a procesos constructivos, operación y mantenimiento de estas.
- Fomentar el uso particular de automóviles híbridos.
- Internacionalmente, implementar transportes terrestres híbridos, creando o proponiendo un convenio internacional.
- Diseñar proyectos viales con bajo impacto ambiental, es decir, buscar que las propuestas de licitaciones no se hagan por un bajo costo, si no por ser la opción más sustentable.
- Adoptar nuevas técnicas sobre flujo de tráfico.
- Implementar nuevas tecnologías que utilicen energías limpias.
- Que las evaluaciones de impacto ambiental permitan la participación ciudadana, contando con la aprobación por parte de esta.
- Diseñar el proyecto vial, considerando que entre más cercano este a zonas residenciales, mayor será el impacto a la sociedad, por defecto, las exigencias para el proyecto serán aún más detalladas.

- Optar por el uso de materiales sustentables para la construcción de caminos o carreteras, aportando de alguna forma al medio ambiente. (Hormigones sustentables, reutilización de materias primas y áridos reciclados).
- Promover el uso de pavimentos sostenibles, es decir, materias primas recicladas para asfaltos, concretos para pavimentos o elementos prefabricados para caminos cortos y de bajo tránsito.
- Usar como relleno materias primas recicladas y fomentar el uso de residuos como la resina de cobre, con su posterior tratamiento y siempre cuando cumpla con la norma vigente.
- Utilizar iluminación LED, en apoyo a la eficiencia energética y a la reducción de contaminación.
- Sería interesante que las empresas grandes de nuestro país, es decir, plantas de energía, sector industrial, minero y residencial, aporten monetariamente de manera obligatoria a este tipo de proyectos e investigaciones, favoreciendo su imagen, que se ha visto envuelta en adversidades con la contaminación, creando una tela de juicio sobre su responsabilidad ambiental.
- Que, al momento de diseñar un proyecto vial, exista una opinión de profesionales de otras especialidades, agrónomos, paisajistas, veterinarios, ingenieros medio ambientales, tomando en cuenta los distintos criterios y opiniones para llegar a un proyecto de sustentabilidad.
- Exigir mano de obra calificada
- Mayor fiscalización sobre la planificación de trabajos, horarios y seguridad laboral.
- Mayor fiscalización a equipos y maquinarias en obras, exigir que las mantenciones estén al día, que todos los sistemas de escape y emisiones funcionen según los parámetros de fábrica.
- Exigir que las maquinarias tengan cierto ciclo de vida, es decir, una vida útil que permita ir cambiando las maquinarias antiguas por nuevas, parcialmente cada año.

*“Finalizando, es de suma importancia que exista un avance comprometedor con la sustentabilidad vial en Chile, podemos encontrar en otras áreas de nuestro país avances mayores en cuanto a construcciones sostenibles, pero en el sector de vialidad aún no se ha llegado a esto, es por este motivo que estas recomendaciones e información busca ser útil y de ayuda en este sector”.*

Limitaciones:

- La principal limitación de este trabajo radica en la escasa información relacionada a proyectos viales, cabe recordar que nuestras carreteras son concesionadas, por lo que, toda información respecto a construcción y diseño son de carácter confidencial.
- Otra limitación en este estudio fue la poca información relacionada a la contaminación real que provocan estos proyectos, al momento de investigar solo nos arroja al Plan de Impacto Medio Ambiental, por lo que, no sabemos realmente cuales son los índices de contaminación que se omiten a la luz pública.
- Una de las dificultades fue tratar de relacionar nuestras carreteras privadas con proyectos de carácter internacional, las cuales cuentan con abundante información, pudiendo llegar a conclusiones concretas, lo cual no es el caso en nuestro país.
- Por último, la escasa información sobre este tema en el sector vial, hizo complicado entablar una entrevista con personas que forman parte del sector.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

- 1.- DRA. BRUNDTLAND, Gro. Harlem. Nuestro futuro común, 1987.
- 2.- DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MOP. Manual De Carreteras, Vol.1, “Planificación, evaluación y desarrollo vial”, Edición 2017.
- 3.- DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MOP. Manual De Carreteras, Vol. 2, “Procedimiento de estudio vial”, Edición 2017.
- 4.- DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MOP. Manual De Carreteras, Vol. 3, “Instrucciones y criterios de diseño”, Edición 2017.
- 5.- DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MOP. Manual De Carreteras, Vol. 9, “Estudios y criterios medio ambientales”, Edición 2017.
- 6.- DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MOP. Manual De Carreteras, Vol. 1, “Evaluación de proyectos viales interurbanos”, Edición 1997.
- 7.- MATINEZ P. Rol de la Industria de la Construcción en el Desarrollo Sustentable, Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA, 2003.
- 8.- DÁVALOS, A. Una Nueva Mirada a los Materiales de Construcción. Chile y el Carbono – La Mitigación para un Desarrollo Sostenible. REVISTA DE INGENIERIA Y CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, 2013.
- 9.- VALDÉS VIDAL, Gonzalo; REYES ORTIZ, Óscar Javier; GONZALES PEÑUELA, Giovanni. Aplicación de los residuos de hormigón en materiales de construcción. “Ingeniería y desarrollo”, 2011. Vol. 29.
- 10.- Journal of Material Cycles and Waste Management: Diario Oficial de la Sociedad Japonesa de Ciclos de Materiales y Gestión de Desechos (JSMCWM) y la Sociedad de Gestión de Residuos de Corea (KSWM).
- 11.- MURARI, Krishna; SIDDIQUE, Rafat; JAIN, K. K. Use of waste copper slag, a sustainable material. Journal of Material Cycles and Waste Management, 2015, vol. 17, no 1, p. 13-26.
- 12.- AL-JABRI, Khalifa S., et al. Copper slag as sand replacement for high performance concrete. Cement and Concrete Composites, 2009, vol. 31, no 7, p. 483-488.
- 13.- NAZER, A., et al. Una revisión de los usos de las escorias de cobre. Iberomet XI. X Conamet/sam (del 2 al 5 de noviembre del 2010, viña del mar, Chile), 2010.
- 14.- GOBIERNO REGIONAL DE TARAPACÁ - Proyecto Corfo construye adoquines con residuos mineros y conchas marinas, 2016. Pág. Web: <https://www.goretarapaca.gov.cl/?p=5775>.

- 15.- DIRECCIÓN DE COMUNICACIONES - Codelco División Ventanas.
- 16.- VALLVERDE ENCISO, Yosselin. Puertos Sustentables, 2018.
- 17.- DIRECCIÓN GENERAL DE CONCESIONES, MOP. Página web: <https://www.mop.cl/Direccionesyareas/DirecciondeConcesiones/Paginas/default.aspx>
- 18.- DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MOP. Página web: <http://www.vialidad.cl>
- 19.- CASTILLA MOLINA, José. AUTOVÍA ECOLÓGICA A-381. Revista vial, 2010.

SOLO USO ACADÉMICO