



CONSTRUCCIÓN DE CALZADAS ASFALTICAS EN URBANIZACIONES

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Rosa Cáceres Navarrete

Profesor guía:
José Francisco Benavides Núñez

Diciembre 2019
Santiago, Chile

RESUMEN

La siguiente investigación tiene como objetivo principal dar a conocer las propiedades constructivas del asfalto a la hora de ejecutar una calzada en un proyecto de urbanización, realizando un análisis y evaluación del desempeño de este material en un proyecto de esta envergadura.

Además, se dará a conocer cómo se lleva a cabo la construcción de una calzada asfáltica en base a la normativa existente en nuestro país, considerando maquinaria, procesos constructivos, sistemas de calidad, sustentabilidad, riesgos, entre otros.

Esta investigación fue realizada en base al estudio de leyes y normativas presentes dentro de nuestro país, un compilado de antecedentes existente sobre las obras de urbanización y la aplicación de asfalto en estas, considerando el gran aumento del uso de este material en los últimos años.

Por otro lado, esta investigación será complementada con un análisis presencial de los procesos constructivos y aplicaciones del asfalto, dentro de una constructora de pavimentos asfálticos, donde se podrá establecer una comparación entre la teoría y la práctica.

En el primer capítulo se describen los antecedentes generales de esta investigación, presentando el planteamiento y justificación del problema, además de los objetivos de esta investigación, abordando el porque es relevante analizar el uso del asfalto en obras de urbanización, identificando la normativa existente relacionada a la construcción de calzadas.

El segundo capítulo refiere al marco teórico, donde se presenta el asfalto como material constructivo, indicando su origen, características, usos, ventajas y desventajas, entre otros. Además, se dará a conocer el concepto de urbanización en Chile, en qué consiste urbanizar y que normativas lo rigen en nuestro país.

El tercer capítulo se presenta la investigación en sí, la construcción de una calzada asfáltica en urbanización, tipos de mezcla, maquinaria, procesos constructivos, costos, planificación, prevención de riesgos, sistemas de calidad, entre otros. Comparando la teoría con el criterio de cumplimiento de la normativa.

En el cuarto y último capítulo, se presentan las conclusiones a las que se llegaron con esta investigación, especificando cuales son las ventajas y desventajas de la aplicación del asfalto en la construcción de una calzada en un proyecto de urbanización. Además, se indican las limitaciones que presentó esta investigación.

SUMMARY

The following research has as main objective to let know the constructive properties of the asphalt when executing a road in an urbanization project, performing an analysis and evaluation of the performance of this material in a project of this magnitude.

Also it will be announced how the construction of an asphalt road is carried out based on the existing regulations in our country, considering machinery, construction processes, quality systems, sustainability, risks, etc.

This research was conducted based on the study of laws and regulations present within our country, a compilation of existing backgrounds on urbanization works and the application of asphalt in these, considering the great increase in the use of this material in recent years.

On the other hand, this research will be complemented with an on site analysis of the construction processes and the applications of asphalt, within a construction of asphalt pavements, where a comparison can be made between theory and practice.

The first chapter describes the general background of this research, presenting the approach and justification of the problem, as well as the objectives of this research, addressing why it is relevant to analyze the use of asphalt in urbanization works.

The second chapter deals with the theoretical framework and the importance of studying the materials used in road construction. Asphalt is introduced as a construction material indicating its origins, characteristics, advantages and disadvantages, among others. Also will be released the concept of urbanization in Chile and which regulations govern in our country.

The third chapter presents the investigation itself, it presents in detail each item to be considered, urbanizations and their complementary works, asphalt and its properties as material and finally the construction of asphalt roads.

In the fourth and last chapter, the conclusions reached with this research are presented, specifying the advantages and limitations of the application of asphalt in the construction of a road in an urbanization project. In addition the limitations that were found in this research are also listed

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
1. CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES GENERALES.....	13
1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.2. Justificación del problema	15
1.3. Formulación del problema	15
1.4. Objetivos	15
1.4.1. Objetivo General.....	15
1.4.2. Objetivos Específicos.....	16
1.5. Preguntas de investigación.....	16
1.6. Metodología de Investigación	16
2. CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	17
2.1. ASFALTO.....	17
2.1.1. Origen	17
2.1.2. Antecedentes Históricos.....	18
2.1.3. Características	20
2.1.4. Tipos y Aplicaciones.....	22
2.1.5. Fortalezas del Asfalto en la ejecución de Calzadas.....	23
2.1.6. Debilidades del Asfalto en la ejecución de Calzadas	25
2.1.7. Ensayos del Asfalto en la ejecución de calzadas	26
2.2. URBANIZACIONES	32
2.2.1. Definición	32
2.2.2. Alcances.....	33
2.2.3. Exigencias/ Normativa.....	36
2.2.4. Actividades previas.....	38
2.2.5. Aguas lluvias.....	45
2.2.6. Agua Potable y Alcantarillado	48
2.2.7. Electricidad	51
2.2.8. Gas	52
3. CAPITULO 3. CONSTRUCCIÓN DE CALZADAS ASFÁLTICAS EN URBANIZACIONES	55
4.1. Infraestructura de una calzada.....	55

4.2.	Mezcla Asfáltica	58
4.2.1.	Diseño de la Mezcla	61
4.2.2.	Aplicación Mezclas Asfálticas en Chile	68
4.2.2.1.	Clasificación por Grado de Desempeño.....	69
4.2.2.2.	Mezclas Disponibles en Mercado Chileno.....	71
4.3.	Maquinaria	72
4.4.	Procesos Constructivos	82
4.4.1.	Subrasante	83
4.4.2.	Subbase	88
4.4.3.	Base.....	89
4.4.4.	Colocación de Soleras.....	91
4.4.5.	Riego de Imprimación y liga.....	94
4.4.6.	Carpeta Asfáltica.....	98
4.4.6.1.	Colocación Manual	98
4.4.6.2.	Colocación Mecanizada	100
4.4.7.	Señalización	100
4.5.	Programación y Costos	103
4.5.1.	Programación	108
4.5.2.	Costos.....	110
4.6.	Sistema de Calidad.....	113
4.7.	Aspectos de sustentabilidad	114
4.8.	Prevención de Riesgos	116
5.	CAPÍTULO 4.....	121
5.1.	CONCLUSIONES	121
5.1.1.	Ventajas.....	121
5.1.2.	Desventajas	122
5.2.3.	Limitaciones de la Investigación.....	122
	REFERENCIAS.....	123

ÍNDICE DE IMÁGENS

Imagen 1: Obra Alhué 2016.....	12
Imagen 2: Calzada Romana	13
Imagen 3: Lago Asphaltites	17
Imagen 4: Golsinita	18
Imagen 5: Construcción de Calzada en Roca Asfáltica Calentada	19
Imagen 6: Ilustración de Elasticidad	21
Imagen 7: Ensayo de Ductilidad	22
Imagen 8: Ensayo de Penetración	26
Imagen 9: Ensayo de Viscosidad	27
Imagen 10: Ensayo del anillo y bola	27
Imagen 11: Ensayo de Ductilidad	28
Imagen 12: Ensayo en copa abierta Cleveland	28
Imagen 13: Ensayo en horno de película delgada	29
Imagen 14: Ensayo de Solubilidad.....	29
Imagen 15: Metodo del Picnómetro.....	30
Imagen 16: Ensayo de destilación.....	30
Imagen 17: Ensayo Contenido de Humedad	31
Imagen 18: Ensayo de Tamizado	31
Imagen 19: Proyecto Punta Norte	32
Imagen 20: Ministerio de la Vivienda y Urbanismo	33
Imagen 21: Loteo MiCasaBosque	41
Imagen 22: Plano Ubicación	42
Imagen 23: Plan Maestro Aguas Lluvias del Gran Santiago	46
Imagen 24: Drenaje Natural de Aguas Lluvias	47
Imagen 25: Ilustración de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado	48
Imagen 26: Condominio Privado	52
Imagen 27: City Gate Gasco	53
Imagen 28: Infraestructura de una Calzada.....	55
Imagen 29: Fundación y Pavimento.....	56
Imagen 30: Solera con Zarpa	57
Imagen 31: Corte de Calzada Tipo	58
Imagen 32: Clasificación de Mezcla Asfáltica según T° de Confección	59
Imagen 33: Sistema de tres Capas.....	65
Imagen 34: Magnitud de Módulos	66
Imagen 35: Mapa PG de Chile.....	71
Imagen 36: Motoniveladora	73
Imagen 37: Cargador Frontal Neumático.....	73
Imagen 38: Cargador Frontal Oruga	73
Imagen 39: Excavadora.....	74

Imagen 40:Retroexcavadora.....	74
Imagen 41: Rodillo Compactador Liso	75
Imagen 42: Rodillo Compactador Manual.....	75
Imagen 43: Rodillo Vibro Compactador.....	76
Imagen 44: Rodillo Compactador Pata de Cabra.....	76
Imagen 45: Rodillo Neumático	77
Imagen 46: Camión Tolva.....	77
Imagen 47: Pavimentadora.....	78
Imagen 48: Camión Aljibe	78
Imagen 49: Placa Compactadora.....	79
Imagen 50: Regadora de Asfalto.....	79
Imagen 51: Barredora Industrial	80
Imagen 52: Minicargador.....	80
Imagen 53: Martillo Mecánico.....	81
Imagen 54: Cortadora de pavimento	81
Imagen 55: Trazado de Calzada.....	82
Imagen 56: Movimiento de Tierra	82
Imagen 57: Demolición y Excavación	83
Imagen 58:Calicata Para Mecánica de Suelos	84
Imagen 59: Preparación Subrasante	84
Imagen 60: Relleno de Terreno.....	84
Imagen 61:Presencia de Material Inadecuado.....	85
Imagen 62: Escarpe	86
Imagen 63:Corte Terraplén	86
Imagen 64: Extensión de Capas Terraplén.....	87
Imagen 65: Compactación.....	87
Imagen 66: Subbase	88
Imagen 67:Extensión de Subbase.....	88
Imagen 68: Base.....	89
Imagen 69: Humectación de Terreno.....	90
Imagen 70: Base Compactada.....	91
Imagen 71: Compactación de Base	91
Imagen 72: Solera	91
Imagen 73:Instalación de Soleras.....	92
Imagen 74: Solera Rebajada.....	93
Imagen 75: Pinzas	93
Imagen 76: Base Libre de Residuos.....	95
Imagen 77: Riego de Imprimación.....	95
Imagen 78: Exudación.....	96
Imagen 79: Riego de Liga.....	96
Imagen 80:Riego Manual.....	97

Imagen 81: Colocación de Mezcla Manual.....	99
Imagen 82: Segregación en la Mezcla	99
Imagen 83: Extensión de Mezcla con Terminadora.....	100
Imagen 84: Señales Reglamentarias.....	101
Imagen 85: Señales de Advertencia de Peligro.....	101
Imagen 86: Señales Informativas	102
Imagen 87: Demarcación Leyenda.....	103
Imagen 88: Vía Local.....	106
Imagen 89: Vía Servicio.....	107

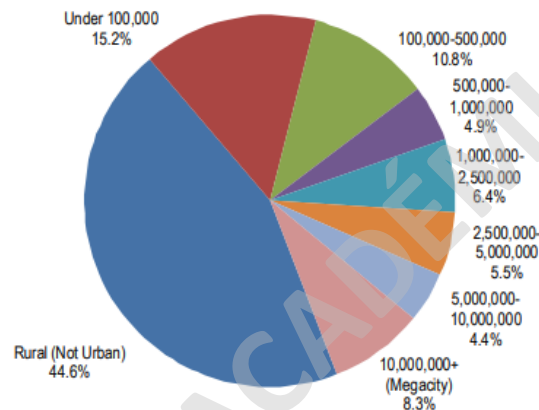
ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Déficit habitacional por región CENSO 2002	11
Tabla 2: Longitud de Caminos Nacionales	14
Tabla 3: (So) en función del coeficiente de variación del suelo	62
Tabla 4: Coeficiente de drenaje de las capas granulares.....	64
Tabla 5: Coeficientes estructurales por capa.....	64
Tabla 6: Propiedades Mecánicas	65
Tabla 7: Gama de Productos de Bitumix S.A., disponibles	72
Tabla 8: Clasificación ASSHTO	104
Tabla 9: Cartilla De Diseño De Pavimentos De Hormigón	105
Tabla 10: Cartilla De Diseño De Pavimentos Asfálticos Para Pasajes, Calles Locales Y De Servicio.....	105

INTRODUCCIÓN

Mundialmente ha existido una progresiva tendencia hacia lo urbano en los últimos años, según lo indicado en la decimocuarta edición del informe Demographia World Urban Areas publicado en marzo del año 2018, estableció que la población urbana superó a la población rural en una relación porcentual de un 55,4% versus un 44,6% (Gráfico 1), esto a nivel mundial.

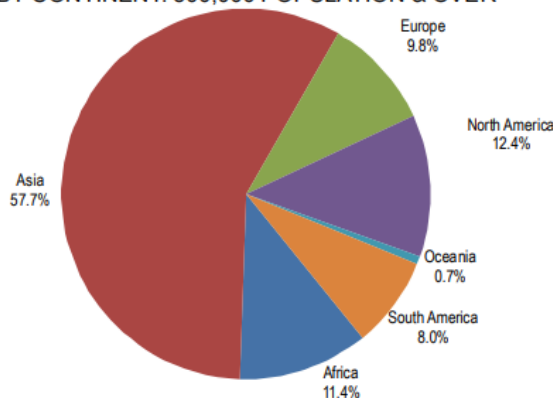
Gráfico 1: Distribución Mundial de la Población
World Population Distribution: 2018
URBAN (BY POPULATION) & RURAL



Fuente: (Urban area or geography, 2018)

Es así como también se señala, según indica el documento, que las ciudades más grandes del mundo se ubican hoy en Asia con un 57,7%, América del Norte con un 12,4% y Europa con un 9,8% (Gráfico 2).

Grafico 2: Población Urbanizada
Built-Up Urban Area Population: 2018
BY CONTINENT: 500,000 POPULATION & OVER



Fuente: (Urban area or geography, 2018)

En Latinoamérica, el crecimiento del territorio urbano por sobre el rural también ha experimentado un aumento exponencial, duplicándose en los últimos sesenta años, pasando de un 41% a un 80%, Latinoamérica se ha convertido en la región de mayor crecimiento urbano.

La sociedad se vuelve cada vez más urbana con construcciones, instalaciones y condiciones más calificadas que llaman a la migración en masa de la población a estas zonas, mientras que las áreas rurales son consumidas por la expansión, modificando los límites existentes. Actualmente, Chile no es la excepción, y es común encontrarse con esta situación en diferentes regiones del país.

En los últimos años ha existido un aumento progresivo en la población de nuestro país, no tanto en la urbana sino también en la rural, sin embargo, las proporciones son muy distintas, superando en un 39% la superficie urbana a la rural, en consecuencia, podemos determinar que es así como se consolida la concentración de la población en las ciudades de nuestro país.

Esto ha generado un crecimiento expansivo periférico, consumiendo las áreas rurales y transformándolas en urbanas. Sin embargo, esta rápida urbanización, si se gestiona de buena manera, puede ser muy beneficiosa no solo para las propias ciudades sino también para el desempeño socioeconómico del país.

En el caso de la región metropolitana, la cual actualmente cuenta con la mayor cantidad de habitantes del país según el último censo realizado en el año 2017, es el principal ejemplo del fenómeno de expansión urbana, siendo aquí donde esta invasión progresiva de población rural hacia las zonas urbanas está más presente, provocando así un aumento en el área urbana y una disminución en el área rural.

Esto se debe que al contar con un número tan elevado y aún en aumento de habitantes, esto genera inevitablemente, una gran alza en la demanda que existe actualmente en viviendas en esta región.

Según indica las estadísticas del déficit habitacional entregadas por el censo 2002 del Observatorio Urbano (Tabla 1), la región metropolitana tiene un requerimiento de vivienda nueva de 242.971 unidades, lo que corresponde al 45% del requerimiento del país.

Este crecimiento, generado por el requerimiento de viviendas, inevitablemente, ha tenido como una de las principales consecuencias que la demanda por una mayor superficie donde poder desarrollarse de manera correcta, aumente de manera proporcional, es por esto por lo que la expansión periférica se ha convertido en una realidad latente para nuestro país, aumentando la superficie de las zonas urbanas, y con esto, las obras de urbanizaciones.

Cuando se habla de urbanizar una zona, es necesario ejecutar ciertas obras que den el título de Urbana a dicha zona, entre las cuales se destacan algunas como, instalaciones sanitarias, instalaciones energéticas, alcantarillado, aguas lluvia, ejecución del pavimento de las calles, pasajes, veredas, entre otros.

Tabla 1: Déficit habitacional por región CENSO 2002

OBSERVATORIO URBANO

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO

Región	DATOS GENERALES			DÉFICIT CUANTITATIVO			
	Número de viviendas	Número de hogares	Total población	Viviendas irrecuperables	Hogares allegados	Núcleos allegados, hacinados e independientes	Total requerimientos vivienda nueva
Total País	3.899.448	4.141.427	14.800.126	155.402	241.839	146.301	543.542
Arica y Parinacota	45.948	49.746	181.369	2.556	3.798	1.696	8.050
Tarapacá	56.597	62.127	227.575	5.338	5.530	2.541	13.409
Antofagasta	111.731	124.107	466.993	2.882	12.376	5.846	21.104
Atacama	65.581	68.684	246.073	3.650	3.103	2.184	8.937
Coquimbo	159.578	166.902	589.510	8.717	7.324	5.139	21.180
Valparaíso	423.128	440.704	1.511.547	15.906	17.576	13.534	47.016
Metropolitana	1.531.863	1.656.558	5.979.763	49.784	124.695	68.492	242.971
O'Higgins	203.263	214.249	768.630	10.388	10.986	7.108	28.482
Maule	240.069	252.194	893.095	11.747	12.125	8.225	32.097
Ñuble	116.852	121.760	429.645	5.013	4.908	3.362	13.283
Biobío	364.127	381.258	1.397.197	14.169	17.131	11.567	42.867
La Araucanía	229.583	238.315	845.421	10.623	8.732	5.962	25.317
Los Ríos	94.925	99.028	343.137	4.767	3.963	2.846	11.576
Los Lagos	189.505	196.886	694.222	8.106	7.381	6.169	21.656
Aysén	24.947	25.693	85.181	1.166	746	682	2.594
Magallanes	41.751	43.216	140.768	590	1.465	948	3.003

En el caso de la ejecución del pavimento de las calzadas, existen variados métodos y materiales para llevarlo a cabo, esto, debido a la presencia de distintos tipos de pavimentos; existen los pavimentos rígidos, contruidos por una losa de hormigón, los flexibles, formados por distintas capas base más una última capa superior asfáltica, los pavimentos semiflexibles, compuestos por una base de grava cemento y una carpeta de rodado asfáltica y por último los pavimentos articulados.

Actualmente en Chile el material que predomina para este tipo de obras de urbanizaciones es el asfalto, material derivado del petróleo crudo que posee muchas características positivas, sobre todo a la hora de construir calzadas para urbanizaciones, una de las principales propiedades ventajosas que este material presenta para estas obras, es la rápida puesta en marcha que posee, una vez terminado el proceso de pavimentación con este material, la calzada puede ser transitable en tan solo un par de horas (Imagen 1), lo que lo convierte en un material eficiente, eficaz y altamente productivo.

Además, el asfalto al ser una mezcla bituminosa de áridos y ligante proporcionados, es posible conseguir, mediante distintas dosificaciones y aditivos, variados tipos de mezclas con diversas características, diseñadas según el destino de aplicación y las condiciones de uso y ambientales a las que estará expuesta la carpeta, tales como humedad, temperatura, viento, entre otros.

De esta forma se busca obtener la calidad y funcionalidad adecuada para cada tipo de obra y poder construir cada calzada de la manera más adecuada y correcta según sus especificaciones.

Imagen 1: Obra Alhué 2016



Fuente: (Cáceres, Registro personal, 2016)

Al momento de llevar a cabo la construcción de una calzada, es necesario tener en cuenta una serie de procesos que se deben respetar a la hora de su ejecución, tanto procesos constructivos como también procesos protocolares, de prevención, calidad, seguimiento, entre otros. Para esto se realizan una serie de controles antes, durante y después de finalizada la obra, no solo para garantizar la legitimidad del proyecto, sino también para poder mejorar constantemente la calidad y confort que entregan las calzadas a sus usuarios.

El desarrollo de este texto busca dar a conocer cómo se están ejecutando en Chile la construcción de calzadas asfálticas y como estas son una opción sobresaliente a la hora de producir nuevas urbanizaciones o bien en la mantención y reconstrucción de las ya existentes.

Esto se llevará a cabo mediante una investigación y análisis de la presencia y ejecución de calzadas asfálticas en nuestro país, se estudiarán las normativas existentes que rigen ese tipo de construcciones, con relación al asfalto se analizarán sus características, fortalezas, debilidades, costos, impacto ambiental entre otros factores en comparación con otros materiales.

Una vez finalizada esta investigación, se busca concluir de qué manera el asfalto como material es un aporte para la construcción de calzadas, sobre todo en obras de urbanización, reconocer cuáles son sus ventajas y sus limitaciones por sobre otros materiales y como se puede trabajar en mejorar estas últimas.

1. CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Planteamiento del problema

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcción define calzada como “parte de una vía destinada a la circulación de vehículos motorizados y no motorizados”. La palabra calzada proviene del latín calciāta, que puede traducirse como “camino empedrado”, esa palabra latina deriva a su vez de calx, que era como se daba a llamar a la piedra caliza que se utilizaba para darle forma a las antiguas vías.

A lo largo de la historia, las grandes civilizaciones fueron quienes impusieron la presencia de las calzadas, una de las más relevantes fue la civilización romana, cuyas calzadas fueron consideradas como auténticas obras de ingeniería (Imagen 2). Estas fueron construidas por los romanos con el fin de favorecer el transporte de mercancías y además para facilitarles a sus tropas a llegar a otros rincones para poder conquistar y expandir su territorio, sin embargo, también fueron responsables de la expansión cultural.

Imagen 2: Calzada Romana



Fuente: (UnSurcoEnLaSombra, 2019)

Desde sus inicios, estas construcciones se han realizado con distintos materiales; en la antigüedad eran construidas principalmente con materiales como madera o piedras, no fue sino con el paso de los años que se fueron descubriendo y empleando nuevos materiales en estas obras, como lo fue el asfalto y/o el hormigón, siendo estos quienes siguen vigentes en la construcción de calzadas.

Con el paso de los años las carreteras y caminos llegaron a convertirse en indispensables para el desarrollo de la humanidad, la necesidad de transportar, comercializar y/o conectar con lugares lejanos, no tardaron en imponer la construcción de calzadas como una de las principales obras y la principal en cuanto a números en el área de obras civiles.

Para estas construcciones, existen manuales y normativas que se rigen bajo la ley, para la correcta construcción de calzadas, en Chile el Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad que cuenta con nueve volúmenes, estableciendo políticas, procedimientos e instrucciones relacionados con el diseño, construcción, conservación y operación de las carreteras y caminos que componen la red vial del país.

En Chile este manual es el más amplio e importante con el que se cuenta, es por esto que es en el cual se basan las normativas de pavimentación, tales como el Manual de Obras de Vialidad, Pavimentación y Aguas Lluvias, como el Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación. Son estos tres documentos los que rigen la construcción de calzadas, que se deben considerar y respetar a la hora de llevar a cabo este tipo de construcciones.

Actualmente, según el último documento de Dimensionamiento y Características Red Vial Nacional correspondiente al año 2017, en Chile existen 26.919,524 km de caminos de los cuales 17.188,592 km corresponden a caminos pavimentados; donde 14.865,593 km fueron ejecutados con asfalto, 1.626,731 km con hormigón, 533,830 km fueron ejecutados con ambos materiales tanto asfalto y hormigón y 162,438 km corresponden a caminos básicos intermedios (Tabla 2).

A raíz de esta información podemos determinar que es el asfalto el material más usado hasta la fecha para la construcción de calzadas en nuestro país.

Tabla 2: Longitud de Caminos Nacionales

LONGITUD DE CAMINOS NACIONALES, REGIONALES PRINCIPALES Y PROVINCIALES, SEGUN REGION Y CAPA DE RODADURA - DIC. 2017
(Longitud en km.)

Región	Red Vial Pavimentada				Soluciones Básicas		Red Vial No Pavimentada		Total
	Asfalto	Hormigón	Asf./Horm.	Caminos Básicos Intermedios	Capa Protección	Granular Estabilizado	Ripio	Tierra	
Tarapacá	986,301	0,690	0,300	0,000	31,203	143,990	136,690	211,997	1.511,171
Antofagasta	1.739,863	3,450	0,000	0,000	142,410	239,980	23,010	443,895	2.592,608
Atacama	973,378	0,000	0,000	46,000	194,681	817,541	134,472	62,840	2.228,912
Coquimbo	1.161,400	30,460	7,750	45,550	36,039	100,830	183,800	28,650	1.594,479
Valparaíso	994,276	161,329	22,450	7,350	96,372	0,000	37,199	12,007	1.330,983
Libertador General Bernardo O'Higgins	979,732	44,365	54,310	3,070	28,500	7,000	25,045	70,620	1.212,642
Maule	1.411,190	159,970	74,650	23,200	121,270	31,731	471,020	92,750	2.385,781
Biobío	1.804,862	94,811	39,780	13,220	79,200	12,197	827,517	184,807	3.056,394
Araucanía	1.273,042	72,740	97,570	0,000	116,300	52,200	200,138	15,720	1.827,710
Los Lagos	1.145,642	160,026	51,840	0,000	159,975	0,300	591,510	14,870	2.124,163
Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	268,719	128,637	0,000	0,000	0,000	293,570	953,600	45,082	1.689,608
Magallanes y La Antártica Chilena	7,880	592,140	0,000	0,000	143,670	65,080	942,740	0,000	1.751,510
Metropolitana de Santiago	1.063,016	131,354	85,890	18,048	150,874	0,000	39,600	2,773	1.491,555
Los Ríos	650,562	49,459	99,290	6,000	90,218	0,000	240,885	0,000	1.136,414
Arica y Parinacota	405,730	0,300	0,000	0,000	172,030	135,530	10,030	261,974	985,594
Total	14.865,593	1.629,731	533,830	162,438	1.562,742	1.899,949	4.817,256	1.447,985	26.919,524

Notas: - Los Caminos Pavimentados son aquellos que se realizan mediante proyectos específicos y/o poseen diseño de Ingeniería.

- La Red Vial comprendida en este cuadro también se conoce como "Red Vial Básica", como se indicaba en los Informes de Dimensionamiento de los años anteriores.

- Información a Diciembre del año 2017.

Fuente: (Dimensionamiento y Características de la Red Vial Nacional, 2017)

A su vez, la región Metropolitana cuenta con 1.491,555 km de caminos ejecutados de los cuales 1.063,016 km corresponden a calzadas de asfalto (71,26%%) versus 131,354 km de calzadas de hormigón (8,8%), siendo el asfalto el material que predomina en este tipo de construcciones viales, superando con creces al hormigón, convirtiéndolo en un material digno de ser estudiado y analizado, para así poder conocer de mejor manera las

propiedades que este posee, poder determinar a qué se debe la preferencia por él, para así a la hora de su explotación lograr convertirlo en un material aún más favorable y beneficioso.

Es por esto, que al considerar el aumento que existe y seguirá existiendo en obras de urbanización, debido a la expansión urbana presente en nuestro país, la construcción de calzadas será una obra totalmente recurrente, por lo que será necesario verificar si se cuenta con la información necesaria y adecuada a la hora de elegir la metodología y el material con el cual se llevarán a cabo estas obras.

1.2. Justificación del problema

El estudio del asfalto como material constructivo de calzadas es importante estudiarlo, ya que debido al gran aumento que se está generando en la presencia de zonas urbanas, tanto las obras de construcción de calzadas y/o pavimentación como las de mantenimiento de estas, han ido en crecida. Por lo cual es fundamental contar con un material versátil que cumpla con proporcionar calzadas que no solo sean confortables y de calidad para el usuario, sino que también sean de rápida construcción y puesta en marcha, además de considerar un menor costo de ejecución.

Como ya se mencionó, actualmente, los grandes exponentes a la hora de construir una calzada son el hormigón y el asfalto, siendo este último el más usado en obras de urbanización, es por esto que es necesario conocer a que se debe esta preferencia, analizar el material en diferentes ámbitos para conocer cuáles son los beneficios que ofrece por sobre su principal competencia como lo es el hormigón, y conocer también cuáles son sus debilidades y como se puede trabajar en ellas, para así dar a conocer el real potencial que posee este material.

1.3. Formulación del problema

¿Por qué preferir como material el asfalto como la mejor alternativa a la hora de construir calzadas en proyectos de urbanizaciones, cuáles son sus reales ventajas por sobre otro material?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar las ventajas que posee una calzada de asfalto por sobre calzadas de otros materiales y encontrar la manera de mejorar las debilidades que esta pueda presentar.

1.4.2.Objetivos Específicos

- Identificar la normativa vigente para la construcción de calzadas en Chile
- Identificar los criterios de cumplimiento de la normativa en Chile
- Analizar las principales ventajas que posee el asfalto por sobre otro material
- Analizar las principales desventajas que posee el asfalto por sobre otro material

1.5. Preguntas de investigación

- ¿Cuál es la normativa vigente para la construcción de calzadas en Chile?
- ¿Cuáles son los criterios de cumplimiento de la normativa en Chile?
- ¿Cuáles son las principales ventajas que posee el asfalto por sobre otro material?
- ¿Cuáles son las principales desventajas que posee el asfalto por sobre otro material?

1.6. Metodología de Investigación

Para llevar a cabo esta investigación, se aplicará el método de Análisis-Síntesis, se realizará un compilado con antecedentes existentes, tales como normativas vigentes, estadísticas, artículos, noticias, libros, entre otros, los cuales se analizarán y se pondrán en contraste con la realidad de nuestro país. Para esto, la investigación se complementará con un método de Inducción-Deducción que se llevará a cabo con registros de investigación personal, realizados de manera presencial en la construcción de calzadas asfálticas, contrastando de esta manera la teoría versus la realidad.

2. CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. ASFALTO

2.1.1. Origen

El asfalto es una “sustancia de color negro que procede de la destilación del petróleo crudo, se encuentra en grandes depósitos naturales, como el lago Asfaltites o en el mar Muerto (Imagen 3), y se utiliza para pavimentar carreteras y como revestimiento impermeable de muros y tejados.” (RAE)

Imagen 3: Lago Asfaltites



Fuente: (Hidalgo, 2019)

Como su definición lo señala, el asfalto es producido mediante la destilación de petróleo crudo, este proceso consta en la evaporación de las fracciones volátiles dejando solamente las asfálticas. Este proceso se puede llevar a cabo de manera artificial, pero en sus orígenes la destilación se producía naturalmente en presencia de calor, es por esto que se pueden encontrar depósitos naturales de asfalto en diferentes lugares del mundo, clasificándose dependiendo de su uniformidad y pureza, lo que dependerá del entorno en el que se encuentre.

En el lago Bermúdez de Venezuela se encuentra un depósito de asfalto nativo puro o casi puro, esto se debe a que en dicho lugar las partículas o sustancias con las cuales se podría mezclar son casi inexistentes, a diferencia del lago Trinidad, en el cual se encuentra el más importante depósito de asfalto, pero en este caso se encuentra asociados con material mineral.

Otra forma de encontrarlo es en yacimiento de roca asfáltica, los principales se encuentran en Europa y Norteamérica, compuestos de arenisca, caliza o una mezcla de ambas impregnadas con betún. También en Norteamérica, en la cuenca del río Uintah se encuentra un tipo de asphaltita dura denominado golsinita (Imagen 4) o caucho mineral, es uno de los bitúmenes más puros que se conocen, se diferencia fácilmente de las demás asphaltitas por su color pardo. Otra asphaltitas que se explotó bastante durante algunos años fue el pez lustrosa y la grahamita, siendo la última la más oscura de las asphaltitas.

Imagen 4: Golsinita



Fuente: (García, 2019)

2.1.2. Antecedentes Históricos

Por más de 5.000 años el asfalto se ha usado como impermeabilizante y/o agente ligante, fue incluso utilizado con fines medicinales por los árabes, se cree que los primeros usos que se le dieron al asfalto fueron 3.800 A.C en como impermeabilizante en tanques de agua por los Sumerios. Otro dato existente aparece en la última traducción oficial de la Biblia realizada por Moffat en 1935 la cual hace referencia a la construcción de la Torre de Babel por el año 1.792 A.C señalando que “Ellos usaron ladrillos en vez de piedras y asfalto en vez de mortero”, si bien ya en esta época se tenía conciencia del potencial que el asfalto poseía en el área de la construcción, este fue olvidado, volviendo a aparecer en las civilizaciones egipcias y asirias.

Desde el origen de la explotación del asfalto en las minas, se transportaba la roca de asfalto extraídas en carros, la cual se destilaba para obtener un aceite de alumbrado y a menudo caían de estos carros fragmentos de estas rocas al piso que las ruedas comprimían, a raíz de esto el camino quedaba cubierto por estos fragmentos, que al llegar el verano el calor reblandecía el betún de impregnación y con el paso de los carros este se compactaba y se formaba una costra sólida, densa y elástica, suave para el tráfico de animales y de un desgaste casi nulo, fue así como se comenzó a utilizar en la construcción de calzadas asfálticas.

El primer antecedente de uso asfáltico para la construcción de calzadas del cual existe registro fue en el año 1.802, en Francia. Luego en 1.824, Pillot et Eyquem fabricó adoquines de asfalto, los cuales fueron utilizados para la pavimentación de la Plaza de la Concordia y los Campos Elíseos de París en el año 1.837, dando paso a una nueva forma de construcción vial.

En 1.850 el Ingeniero suizo Merian en una aldea ubicada en Travers, construyó una calzada de roca asfáltica calentada y compactada (Imagen 5), este proceso consistía en calentar la roca de asfalto, pulverizada establecida por la forma de la calzada, se apisonaba y compactaba con un rodillo. Este método fue aclamado ya que, en épocas de plaga, las calzadas de asfalto eran mucho más salubres que las existentes, como los adoquines o la madera, los cuales solían retener la humedad en sus juntas aumentando la propagación de enfermedades.

Imagen 5: Construcción de Calzada en Roca Asfáltica Calentada



Fuente: (Peterson, 2019)

El uso en pavimentación comenzó a mediados del siglo XIV en Europa y en 1870 en Estados Unidos, esto debido a la explotación masiva del petróleo que se generó en esa época y además de la aparición del automóvil con rodado neumático, generando una demanda más y mejores caminos para mayor seguridad y confort, lo cual ofrecía el asfalto.

Sin embargo, solo algunas ciudades de cierta importancia podían construirlas, por lo que eran considerada calzadas de lujo, aun siendo un tercio más económico que las opciones existentes en la época, esto se debía a la complejidad que existían en ese momento para acceder a grandes cantidades de asfalto por ser este un material poco usual para este uso, además del limitado número de expertos que supieran llevar a cabo este tipo de construcciones.

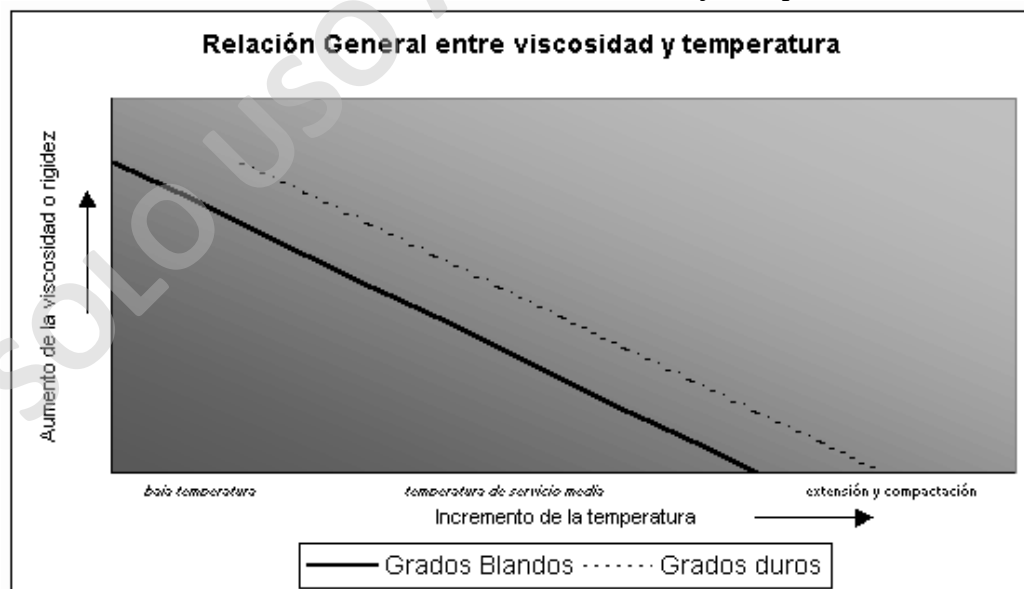
2.1.3. Características

El asfalto es un material bituminoso de color negro, formado principalmente por asfaltenos; encargado de otorgarle dureza a los asfaltos, resinas y aceites, sin embargo, es considerado un complejo de hidrocarburos, ya que son estos y sus derivados quienes constituyen en mayor cantidad, por no decir en su totalidad, al asfalto.

Es un material sólido o semisólido, que al calentarse se ablanda logrando alcanzar incluso estado líquido. Este material presenta ciertas características que lo llevan a diferenciarse del resto y a sobresalir en ciertas aplicaciones, estas son:

- **Susceptibilidad térmica:** Esta es la principal característica que posee, ya que las propiedades del asfalto varían dependiendo de la temperatura a la cual este se encuentre, oscilando entre la viscosidad a altas temperaturas y la consistencia a menor temperatura, modificando de esta forma los atributos de este material. La susceptibilidad térmica es la capacidad que posee un material, en función de la temperatura, para variar su viscosidad. (Gráfico 3)
- **Viscosidad:** Esta característica se presenta en directa proporción con la temperatura, es decir, a menor temperatura, mayor viscosidad, esto se debe a que a menor temperatura el asfalto se vuelve más sólido, perdiendo así la opción de fluir. Es decir, la viscosidad es la resistencia que tienen las moléculas de este líquido para separarse unas de las otras, esto se debe a la fuerza de adherencia que tienen las moléculas.

Gráfico 3: Relación General entre Viscosidad y Temperatura



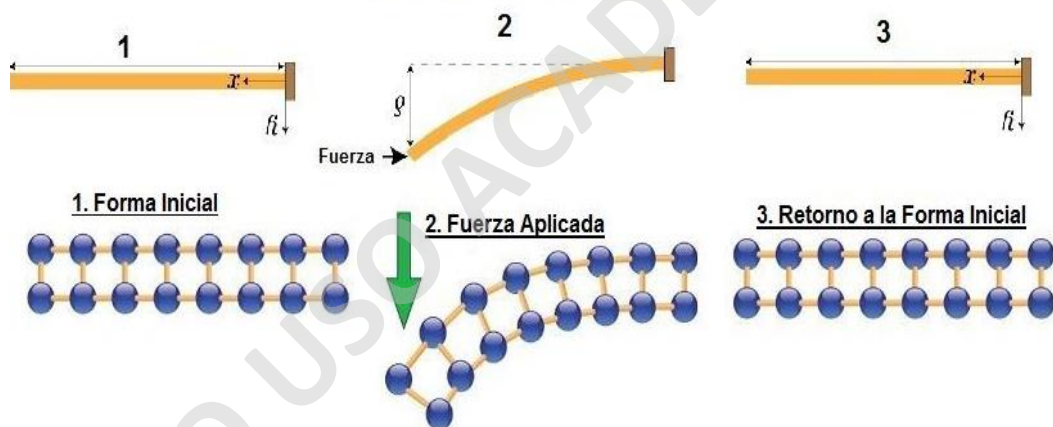
Fuente: (Tonda, 2019)

- **Consistencia:** Esto dependiendo de la temperatura hace referencia a la dureza del material, el asfalto al momento de enfriarse alcanza un estado sólido de gran dureza, otorgándole una gran resistencia a las alteraciones físicas a las cuales podría estar

expuesto. Al ser un material bituminoso con una alta susceptibilidad térmica esta característica no está presente de manera absoluta si el material no se encuentra en las condiciones de temperatura adecuada.

- **Durabilidad:** Debido a su consistencia es considerado un material duradero, ya que es capaz de mantener sus propiedades con el paso del tiempo y resistir a agentes envejecedores. Si bien, no está exento del deterioro, es un material apto para la construcción de obras que estarán en uso por un largo periodo de tiempo, ya sean años e incluso siglos cuando se realizan las mantenciones necesarias.
- **Elasticidad:** En el caso de esta característica hace referencia a la capacidad que tienen los materiales para recuperar su forma original al finalizar o disminuir la presencia de una carga que los modifica (Imagen 6), es por esta característica que las carpetas asfálticas son consideradas pavimentos flexibles, ya que si bien, son pavimentos duros y consistentes, tiene la capacidad de no colapsar ante un esfuerzo, sino más bien distribuir las cargas a través de su estructura.

Imagen 6: Ilustración de Elasticidad



Fuente: (TECNOLOGIA, 2019)

- **Aglutinación:** Esta característica está enfocada en la capacidad de unión que posee el asfalto como material, está relacionado directamente con la viscosidad, no obstante, no son lo mismo, ya que la aglutinación se enfoca en la capacidad de crear un resultado mayor por la unión de varias partículas. Si bien son distintas, ambas características van de la mano complementándose, podemos decir que el asfalto posee la aglutinación gracias a la viscosidad que presenta.
- **Ductilidad:** En el caso del asfalto, la ductilidad se refiere a la capacidad de estiramiento (Imagen 7), cuanto puede ser estirado el asfalto antes que colapse y se rompa en dos sin perder su resistencia. Normalmente los asfaltos que poseen mayor ductilidad tienen mejores propiedades aglomerantes. Sin embargo, entre mayor sea la ductilidad, mayor es la susceptibilidad a los cambios de temperatura, por ende, aumenta el riesgo de deformaciones.

Imagen 7: Ensayo de Ductilidad



Fuente: (BITUMIX, 2019)

2.1.4. Tipos y Aplicaciones

El asfalto se puede clasificar de dos formas, asfalto natural y asfalto manufacturado, como resultante de la refinación del petróleo. El asfalto natural, es el extraído directamente de las cuencas petroleras, lagos de asfalto, entre otros. A pesar de que el asfalto natural es el más utilizado, han aparecido nuevas especialidades enfocadas al cuidado del medioambiente.

Con respecto al asfalto manufacturado, su clasificación depende de su uso, al igual que a su comportamiento frente al envejecimiento por causas naturales. Algunos de los tipos más conocidos son:

- Asfalto de petróleo: Se obtiene mediante la destilación del petróleo, es de color negro y requiere escasos tratamientos para su colocación.
- Asfalto fillerizado: Es elaborado a base de cemento. Posee gran resistencia a las altas temperaturas ambientales y se utiliza para la protección de cañerías metálicas.
- Asfalto líquido: Se caracteriza por ser de consistencia blanda. Hay tres variedades de curado: rápido, medio y lento. Se utiliza para tratamientos superficiales de las capas asfálticas.
- Emulsión asfáltica: Son diluidas en agua y agentes fluidificantes, al no requerir petróleo en crudo, permiten realizar trabajos de instalación de carpeta “en frío”. De adherencia inmediata tras su colocación, estas emulsiones permiten la instalación del asfalto en aquellos lugares donde no es posible utilizar técnicas de calor. Su color difiere de los tonos oscuros del asfalto de petróleo, posee un color entre gris y marrón oscuro.
- Asfalto oxidado: Se trabaja a altas temperaturas, es utilizado para la impermeabilización de techos y membranas.

- Golsinita: Se presenta en forma de roca, solo se encuentra en las minas de Utah (Estados Unidos). Ofrece permeabilidad en su uso y un bajo contenido de azufre. Dicha especialidad se utiliza para las tareas de mantenimiento de las rutas norteamericanas.
- Cemento asfáltico o Asfaltos sólidos: Utilizado para construcción de carreteras, debido a su resistencia y flexibilidad. Se prepara en mezclas calientes y posee un importante grado de penetración ambiental, además de una gran resistencia a la acción de ácidos y sales. Gracias a su viscosidad es apropiado para la colocación de extensas capas asfálticas.

2.1.5. Fortalezas del Asfalto en la ejecución de Calzadas

Las fortalezas del asfalto a la hora de pavimentar una calzada en urbanización son diversas, incluido el costo-beneficio, la reducción de la contaminación sonora, la mejora de la seguridad y de la comodidad, la durabilidad y la capacidad de reciclaje por mencionar algunas. Utilizar materiales de asfalto en la construcción de calzadas y en su mantenimiento puede mejorar las condiciones para todos los usuarios y algunas de las más relevantes son:

- Fácil y rápida ejecución: La ejecución de una calzada asfáltica, es significativamente más rápida que cualquier otra solución, tanto en su construcción como en su puesta en marcha, esto debido a que el asfalto no necesita un tiempo de curado y puede ser dado al tránsito inmediatamente después de terminar con el compactado, es más, el tránsito vehicular ayuda a sellar la carpeta.
- Fácil y rápida mantención: Considerando que, como ya se mencionó, la carpeta asfáltica es de rápida ejecución, lo cual significa del mismo modo que es de rápida mantención, esto significa menos retrasos en carreteras más seguras para el público. La velocidad y la facilidad de acceso también es importante para permitir la instalación o el reemplazo de tuberías y de cableado para los servicios de utilidad, como el agua, el gas y la electricidad, que es crucial al minimizar la congestión y la frustración del conductor asociadas.
- Reutilizable: La industria del asfalto es uno de los precursores del reciclaje y la reutilización. El asfalto es 100% reciclable, lo que significa prácticamente que todo el asfalto recuperado se reutiliza o se recicla. Se tritura y se vuelve a preparar con materiales frescos, ahorrando dinero y preservando materiales no renovables. El reciclaje también reduce el uso de grava de calidad virgen, conserva el vertedero y ahorra transporte.

- Costo-Eficiente: El asfalto tiene bajos costos iniciales, dura mucho tiempo, y debido a su capacidad de reciclaje, tiene un valor residual superior a otros pavimentos. El asfalto reciclado contiene una gran cantidad de bitumen, se puede recalentar y su reutilización es simple. Por lo tanto, como bitumen es el componente más caro de asfalto, el asfalto reciclado es una materia prima valiosa. Por estas razones la reutilización de asfalto produce ahorros considerables, especialmente si las distancias de transporte del asfalto viejo recuperado son razonablemente cortas.
- Reducción del ruido: El uso de calzadas de asfalto puede reducir de forma significativa el ruido dentro y fuera de los vehículos, ayudando a prevenir accidentes al aliviar una fuente de estrés que contribuye al cansancio del conductor. Las carreteras de asfalto estándar tienen los niveles de ruido más bajos de todas las superficies de carretera tradicionales. El reciente desarrollo de asfalto poroso y silencioso ha reducido aún más los niveles de ruido. Una superficie estándar de asfalto produce la mitad de ruido que la superficie estándar de hormigón y el asfalto poroso reduce esto en un 50% más.
- Dispersión del agua de la superficie: Nueva tecnología del asfalto garantiza la dispersión y el drenaje rápido del agua en la superficie que reduce el rocío de agua y, en consecuencia, mejora la visibilidad del conductor en condiciones húmedas. Estos nuevos materiales de asfalto poroso reducen de forma considerable el rocío cegador y, al dispersar el agua de la superficie, también reduce el riesgo de derrape y aumenta la visibilidad de las señales viales.
- Resistente al derrape: El drenaje y la textura de la superficie de las calzadas son dos elementos cruciales que ayudan a la resistencia al derrape. Se han dedicado muchas investigaciones a la eliminación del agua y a proporcionar sujeción en las llantas. La capacidad de drenaje del asfalto poroso y la exactitud en la mezcla de agregados juegan un papel importante en la resistencia al derrape. Las superficies de asfalto que proporcionan altos niveles de resistencia al derrape pueden utilizarse en lugares donde la seguridad es primordial. Por ejemplo, fuera de los colegios o donde hay pendientes o curvas extremas.
- Flexible: El asfalto es la opción flexible para cualquier camino. No sólo el material en sí mismo, pero el hecho de que puede ser diseñado para aportar soluciones óptimas para todos los tipos y tamaños de calzada, por ejemplo, en los pasajes, las capas pueden ser más delgadas. Las características especiales de tráfico o de seguridad en la superficie de la calzada y la capacidad de adaptación de asfalto ofrece soluciones a los numerosos requisitos cambiantes tanto del usuario de la vía y de nuestra sociedad.

2.1.6. Debilidades del Asfalto en la ejecución de Calzadas

El asfalto, como cualquier otro material, presenta debilidades, las cuales deben ser consideradas a la hora de emplear el asfalto en cualquier tipo de obra. Muchas de sus debilidades son tratables y solucionables, pero para esto se deben identificar y estudiar sus posibles soluciones.

Alguna de las principales debilidades que presenta el asfalto en la ejecución de una calzada son:

- Durabilidad: Esta demostrado que las carpetas de asfalto requieren de mantención a menor plazo que las de otro material, cada tres a cinco años, el pavimento asfáltico debe cerrarse herméticamente para evitar que se quiebren. Se deben aplicar sellos. Volver a sellar la superficie de asfalto cada tres a cinco años costará tiempo y dinero.
- Resistencia: El derrame de gasolina y diésel provoca daños en la carpeta asfáltica, lo cual en la ejecución de una calzada es un punto que juega muy en contra. En presencia de estos agentes el asfalto tiende a desgranarse.
- Deformabilidad: Debido a que el asfalto es un material susceptible al calor, en presencia de altas temperaturas ambientales y tránsito vehicular, la carpeta asfáltica puede sufrir deformaciones, ya que a altas temperaturas se vuelve pegajoso y se volatizan algunos de sus ingredientes. Además, en zonas de frenado y arranque de vehículos tiende a sufrir deformaciones, lo que se conoce como ahuellamiento.
- Contaminación: El Asfalto puede ser creado a partir de petróleo. En este proceso, se liberan hidrocarburos, que a su vez conducen a la contaminación. El asfalto más comúnmente utilizado para carreteras y estacionamientos se conoce como alquitrán de hulla el cual es un asfalto rebajado que se utiliza para crear cementos de asfalto, que pueden utilizarse también en caminos de acceso. El asfalto rebajado emite una mayor cantidad de hidrocarburos que el asfalto de la emulsión, por lo que se considera más de los más contaminante.
- Reflexión de la luz: En comparación con una carpeta de hormigón, el asfalto refleja en menor medida la luz, lo que durante el día se puede considerar un hecho ventajoso, durante la noche puede suponerse un riesgo e incrementar la tasa de accidentes.

2.1.7. Ensayos del Asfalto en la ejecución de calzadas

El asfalto se presenta en una amplia variedad de tipos y grados normalizados. Con el fin de conocer o controlar la cantidad de asfalto, se someten a ensayos específicos, según las normas específicas de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Los siguientes son algunos de esos ensayos de laboratorio especificados en el Manual de Carreteras:

1. Penetración: El ensayo de penetración (Imagen 8) determina la dureza o consistencia relativa, midiendo la distancia que una aguja normalizada penetra verticalmente a una muestra de asfalto en condiciones especificadas de temperatura, carga y tiempo. Cuando no se mencionan específicamente otras condiciones, se determina la penetración normal. Esta se hace a 25 °C, calentando la muestra en un baño de agua termostáticamente controlada, la aguja cargada con 100 g y la carga se aplica durante 5 segundos. Algunas veces se requiere una penetración adecuada al clima.

Imagen 8: Ensayo de Penetración

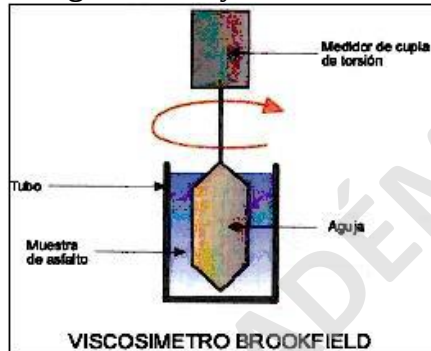


Fuente: (BITUMIX, 2019)

3. Viscosidad: La finalidad del ensayo de viscosidad (Imagen 9) es determinar el estado de fluidez de los asfaltos a las temperaturas que se emplean durante su aplicación. La viscosidad se mide en el ensayo de viscosidad Saybolt-Furol o en el ensayo de viscosidad cinemática. La viscosidad de un cemento asfáltico a las temperaturas usadas en el mezclado (normalmente 135 °C) se mide con viscosímetros capilares de flujo inverso o viscosímetros Saybolt; la viscosidad absoluta, a las temperaturas altas en servicio (60 °C), generalmente se mide con viscosímetros capilares de vidrio al vacío. Se coloca en un tubo normalizado cerrado con un tapón de corcho una cantidad específica de asfalto. Como las temperaturas a que se determina la viscosidad son frecuentemente superiores a los 100 °C, el baño de temperatura constante del viscosímetro se llena con aceite; pero si se hace la prueba con un cutback, en este caso, sí se puede utilizar agua.

Cuando el asfalto ha alcanzado una temperatura establecida, se quita el tapón y se mide, en segundos, el tiempo necesario para que pasen a través del orificio Furol 60 ml del material. Los valores obtenidos se expresan como segundos Saybolt-Furol (SSF). La viscosidad cinemática se mide, normalmente, con viscosímetros de tubo capilar de cristal. Este ensayo permite una mayor comodidad y exactitud en los resultados. La base de este ensayo es la medida del tiempo necesario para que fluya un volumen constante de material bajo condiciones de ensayo, como temperatura y altura del líquido, rígidamente controladas. Los asfaltos presentan un amplio rango de viscosidades, siendo necesario disponer de diversos viscosímetros que difieren en el tamaño del capilar.

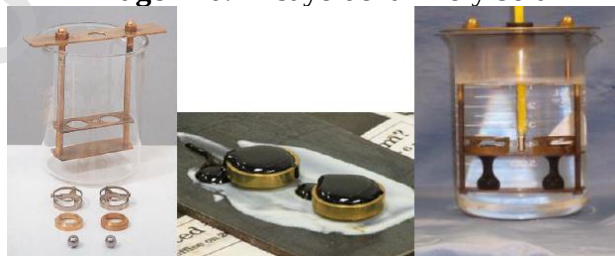
Imagen 9: Ensayo de Viscosidad



Fuente: (BITUMIX, 2019)

4. Punto de Ablandamiento: Los asfaltos son materiales termoplásticos, por lo cual no puede hablarse de un punto de fusión en el término estricto de la palabra. Se establece entonces un punto de ablandamiento, determinado por la temperatura a la que alcanza un determinado estado de fluidez. Los asfaltos de diferentes tipos reblandecen a diferentes temperaturas. El punto de ablandamiento se determina usualmente por el método de ensayo del anillo y bola (Imagen 10).

Imagen 10: Ensayo del anillo y bola



Fuente: (BITUMIX, 2019)

Consiste en llenar de asfalto fundido un anillo de latón de dimensiones normalizadas, se deja enfriar a la temperatura ambiente durante cuatro horas. Sobre el centro de la muestra se sitúa una bola de acero de dimensiones y peso específicos, casi siempre de 9,51mm de diámetro. Una vez lista, se suspende la muestra sobre un baño de agua y se calienta el baño de tal manera que la temperatura del agua suba a velocidad constante. Se anota la temperatura en el momento en que la bola de acero toca el fondo del vaso de cristal. Esta temperatura es el punto de ablandamiento.

4. Ductilidad: La presencia o ausencia de ductilidad tiene, usualmente, mayor importancia que el grado de ductilidad existentes. Los asfaltos dúctiles tienen normalmente mejores propiedades aglomerantes. Por otra parte, asfaltos con una ductilidad muy elevada son usualmente susceptibles a los cambios de temperatura. El ensayo consiste en moldear en condiciones y con dimensiones normalizadas de ensayo y se someter a alargamiento con una velocidad especificada hasta que el hilo que une los dos extremos se rompa (Imagen 11). Normalmente, el ensayo se realiza a una temperatura de 25 °C y una velocidad de alargamiento de 5cm/min. La ductilidad se mide en un equipo llamado ductilímetro. La longitud (en cm) a la que el hilo del material se rompe define la ductilidad.

Imagen 11: Ensayo de Ductilidad



Fuente: (BITUMIX, 2019)

5. Punto de inflamación: El punto de inflamación o punto de chispa, indica la temperatura a la que puede calentarse el material, sin peligro de inflamación en presencia de llama libre. Esta temperatura, usualmente, es muy inferior a aquella a la que el material ardería o su punto de fuego. Por lo tanto, este análisis sirve como prueba de seguridad en la operación de las plantas asfálticas en caliente.

El punto de inflamación se mide por el ensayo en copa abierta Cleveland (Imagen 12). La copa de bronce se llena parcialmente con el material y se calienta a una velocidad establecida. Se hace pasar periódicamente, sobre la superficie de la muestra, una pequeña llama, y se define como punto de llama la temperatura a la que se han desprendido vapores suficientes para producir una llamarada repentina. El punto de inflamación de los cutbacks se mide mediante el ensayo de punto de inflamación de vaso abierto, también, pero el aparato se modifica para hacer posible el calentamiento indirecto del cutback.

Imagen 12: Ensayo en copa abierta Cleveland



Fuente: (BITUMIX, 2019)

6. Ensayo en horno de película delgada: Este ensayo se emplea para prever el endurecimiento esperable que puede producirse en el asfalto durante las operaciones de mezclado. Esta tendencia al endurecimiento se mide por ensayos de penetración realizados antes y después del tratamiento en el horno. Este ensayo se realiza colocando una muestra de 50 g de asfalto en un recipiente cilíndrico de 13,97cm de diámetro y 9,525mm de profundidad, con fondo plano. Así se obtiene una probeta de asfalto de un espesor aproximado a 3mm. El recipiente con la probeta se coloca en un soporte giratorio en un horno bien ventilado y se mantiene una temperatura de 163 °C durante 5 horas (Imagen 13). Después se vierte el asfalto en un recipiente normal empleado en el ensayo de penetración. El ensayo en horno de película delgada ha sustituido al ensayo de pérdida por calentamiento.

Imagen 13: Ensayo en horno de película delgada



Fuente: (Lanamme)

7. Solubilidad: El ensayo de solubilidad (Imagen 14) determina el contenido de betún en el betún asfáltico. La porción de betún asfáltico soluble en sulfuro de carbono está constituida por los elementos aglomerantes activos. La mayor parte de los betunes asfálticos se disuelve en sulfuro de carbono y en tetracloruro de carbono. Como el tetracloruro de carbono no es inflamable, es el disolvente preferido en la mayor parte de los casos. La determinación de la solubilidad es sencillamente un proceso de disolución del betún asfáltico en un disolvente separando la materia insoluble.

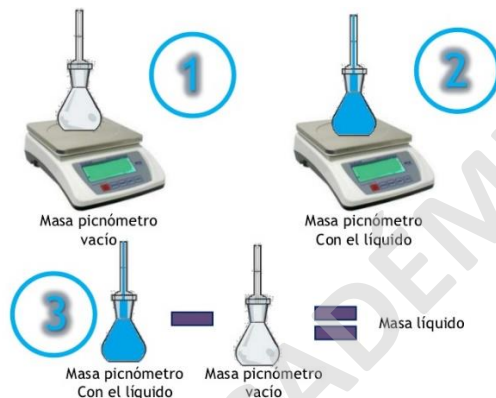
Imagen 14: Ensayo de Solubilidad



Fuente: (E-ASFALTO, 2019)

8. Peso específico: Aunque normalmente no se especifica, es útil para hacer las correcciones de volumen. Se emplea, también, como uno de los factores para la determinación de los huecos en las mezclas asfálticas para pavimentaciones compactadas. El peso específico es la relación de peso de un volumen determinado del material al peso de igual volumen de agua, estando ambos a temperaturas especificadas. O sea, la cantidad de veces que pesa más que el agua a igual temperatura. El peso específico se determina normalmente por el método del picnómetro (Imagen 15).

Imagen 15: Metodo del Picnómetro



Fuente: (BITUMIX, 2019)

9. Destilación: El ensayo de destilación (Imagen 16) se emplea para determinar las proporciones relativas de asfaltos y disolventes presentes en el cutback. Se emplea también para medir las cantidades de disolvente que destilan a diversas temperaturas, que indican las características de evaporación del disolvente. Estas, a su vez, indican la velocidad a que el material curará después de su aplicación. El ensayo se realiza colocando una cantidad específica de cutback en un matraz de destilación conectado a un condensador. El cutback se calienta gradualmente hasta una temperatura especificada y se anota la cantidad de disolvente destilado a diversas temperaturas. Cuando se alcanza la temperatura de 360 °C se mide la cantidad de asfalto restante y se expresa como porcentaje en un volumen de la muestra original. Para los asfaltos líquidos de curado lento el ensayo es el mismo, sólo que se hace una única medición a 360 °C.

Imagen 16: Ensayo de destilación



Fuente: (BITUMIX, 2019)

10. Contenido de humedad: Se coloca en una retorta de metal un volumen medido de asfalto que se mezcla perfectamente con un disolvente de tipo nafta. La retorta está provista de un condensador de reflujo y que descarga en un colector graduado (Imagen 17). Se aplica calor a la retorta y el agua contenida en la muestra se recoge en el colector. El volumen de agua se mide y se expresa en porcentaje del volumen de la mezcla original.

Imagen 17: Ensayo Contenido de Humedad



Fuente: (Serve Real Instruments Co., 2019)

11. Ensayo de Tamizado: El ensayo de tamizado complementa al de sedimentación. Se emplea para determinar cuantitativamente el porcentaje de asfalto presente en forma de glóbulos relativamente grandes. Estos glóbulos no dan revestimientos delgados y uniformes de asfalto sobre las partículas de áridos. En el ensayo de tamizado se hace pasar una muestra representativa de la emulsión asfáltica a través de un tamiz #20. El tamiz y el asfalto retenido se lavan a continuación con una solución diluida de oleato sódico y finalmente con agua destilada. Después del lavado, el tamiz y el asfalto se secan en un horno y se determina la cantidad de asfalto retenido (Imagen 18).

Imagen 18: Ensayo de Tamizado



Vertido de la emulsión a través del tamiz.



Tamiz lavado.

Fuente: (Santamaría, 2019)

2.2. URBANIZACIONES

2.2.1. Definición

Se define urbanizar como ejecutar el pavimento de las calles y pasajes, y obras de ornato, las instalaciones sanitarias y energéticas, con sus obras de alimentación y desagües de aguas servidas y aguas lluvias, y las obras de defensa y de servicio del terreno (Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, 2018).

Por consiguiente, se entiende como urbanizar “Acondicionar una porción de terreno y prepararlo para su uso urbano, abriendo calles y dotándolas de luz, pavimento y demás servicios” (RAE)

En síntesis, urbanizar consiste en dotar a todos los lotes resultantes de una subdivisión de infraestructura vial, sanitaria y energética, con sus obras de alimentación y desagües, de plantaciones y obras de ornato; obras de defensa y servicios de terreno; equipamiento y áreas verdes, proporcionales a las densidades fijadas por el instrumento de planificación territorial correspondiente (IPT).

La Imagen 19 correspondiente al Proyecto Punta Norte Primera Región – Arica, grafica como se ve una urbanización integral en fase de proyecto.

Imagen 19: Proyecto Punta Norte



Fuente: (MINVU, 2019)

2.2.2. Alcances

Las urbanizaciones tienen un alcance general diverso dependiendo del nivel de área que abarque la planificación urbana. Se entenderá por Planificación Urbana, como el proceso que se efectúa para orientar y regular el desarrollo de los centros urbanos en función de una política nacional, regional y comunal de desarrollo socioeconómico.

La planificación urbana se presenta en cuatro niveles de acción, que corresponden a cuatro tipos de áreas: nacional, regional, intercomunal y comunal. Toda ella en mano del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo (Imagen 20).

Imagen 20: Ministerio de la Vivienda y Urbanismo



Fuente: (MINVU, 2019)

A nivel nacional, le corresponderá al Ministerio de la Vivienda y Urbanismo la planificación del desarrollo urbano como así también, mediante la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, establecer normas específicas para los estudios, revisión, aprobación y modificaciones de los instrumentos legales a través de los cuales se aplique la planificación urbana en los niveles antes señalados.

A nivel regional, la planificación urbana se realiza por medio de un Plan Regional de Desarrollo Urbano, que fijará los roles de los centros urbanos, sus áreas de influencia recíproca, relaciones gravitacionales, metas de crecimiento, entre otros.

Las Secretarías Regionales del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, serán las encargadas de elaborar el plan regional, de acuerdo con las políticas regionales de desarrollo socioeconómico.

A nivel Intercomunal, la planificación urbana se realiza por medio de un Plan Regulador Intercomunal o del Plan Regulador Metropolitano, en su caso, instrumentos constituidos por un conjunto de normas y acciones que orientan y regulan el desarrollo físico de una unidad urbana determinada.

Cuando esta unidad urbana sobrepasa los 500.000 habitantes, le corresponderá la categoría de área metropolitana para los efectos de su planificación.

El Plan Regulador Intercomunal es elaborado por la Secretaría Regional de Vivienda y Urbanismo, con consulta a las Municipalidades correspondientes e Instituciones Fiscales que se estime necesario, sin perjuicio de las normas especiales que se establezcan para el Área Metropolitana.

El Plan Regulador Intercomunal está compuesto por:

- a) Una memoria explicativa, que contiene los objetivos, metas y programas de acción
- b) Una Ordenanza, que contiene las disposiciones reglamentarias pertinentes
- c) Los planos, que expresan gráficamente las disposiciones sobre zonificación general, equipamiento, relaciones viales, áreas de desarrollo prioritario, límites de extensión urbana, densidades, entre otros.

A nivel comunal, la planificación urbana se realiza por medio de un Plan Regulador comunal, este plan corresponde a un instrumento constituido por un conjunto de normas que establecen condiciones adecuadas de higiene y seguridad en los edificios y espacios urbanos, y de comodidad en la relación funcional entre las zonas habitacionales, de trabajo, equipamiento y esparcimiento.

Sus disposiciones hacen referencia al uso del suelo o zonificación, localización del equipamiento comunitario, estacionamiento, jerarquización de la estructura vial, fijación de límites urbanos, densidades y determinación de prioridades en la urbanización de terrenos para la expansión de la ciudad, en función de la factibilidad de ampliar o dotar de redes sanitarias y energéticas, y demás aspectos urbanísticos.

El Plan Regulador Comunal está compuesto por:

- a) Una Memoria explicativa, que contiene los antecedentes socioeconómicos; los relativos a crecimiento demográfico, desarrollo industrial y demás antecedentes técnicos que sirvieron de base a las proposiciones, y los objetivos, metas y prioridades de las obras básicas proyectadas;
- b) Un estudio de factibilidad para ampliar o dotar de agua potable y alcantarillado, en relación con el crecimiento urbano proyectado, estudio que requerirá consulta previa al Servicio Sanitario correspondiente de la Región.
- c) Una Ordenanza Local que contendrá las disposiciones reglamentarias pertinentes.
- d) Los planos, que expresan gráficamente las disposiciones sobre uso de suelo, zonificación, equipamiento, relaciones viales, límite urbano, áreas prioritarias de desarrollo urbano, entre otras.

En general, para la aprobación de alguna modificación al Plan Regulador Comunal o para la aprobación de un nuevo proyecto de Plan Regulador Comunal, el concejo comunal, antes de iniciar su discusión, deberá informar de los cambios a los vecinos, especialmente a los afectados, realizar una o más audiencias públicas en los barrios o sectores más afectados, exponer el proyecto a la comunidad y atender las observaciones de ésta.

Una vez concluidas las etapas anteriores y aprobado por el concejo municipal, el proyecto será remitido, con todos sus antecedentes, a la secretaría regional ministerial de Vivienda y Urbanismo respectiva. Dicha secretaría ministerial dentro del plazo determinado revisará el proyecto y emitirá un informe sobre sus aspectos técnicos.

En el caso que la comuna esté normada por un plan regulador metropolitano o intercomunal, el informe de la secretaría regional ministerial será remitido directamente al municipio, junto con el proyecto y sus antecedentes, con copia al gobierno regional. Si el informe es favorable, el proyecto de plan regulador o de plan seccional será promulgado por decreto Alcaldicio.

En el caso de que el proyecto no se ajustase al plan regulador metropolitano o intercomunal, la secretaría regional ministerial de Vivienda y Urbanismo deberá emitir un informe negativo y lo remitirá, juntamente con el proyecto y sus antecedentes, al municipio, el cual podrá modificar el proyecto para concordarlo con el plan regulador metropolitano o intercomunal o insistir en su proyecto.

Si no existiera un plan regulador metropolitano o intercomunal que incluya el territorio comunal, el encargado de resolver si se aprueba o no será el gobierno regional mediante su consejo. Éste se pronunciará sobre la base del informe técnico que emita la secretaría regional ministerial. Si el informe fuere desfavorable, el consejo sólo podrá aprobar el proyecto mediante acuerdo fundado.

Aprobado el nuevo proyecto de plan regulador, éste deberá ser promulgado por resolución del Intendente.

Las aprobaciones o modificación de un instrumento de planificación territorial deberán publicarse en el Diario Oficial, junto con la respectiva ordenanza. Los planos y la ordenanza correspondiente se archivarán en los Conservadores de Bienes Raíces respectivos, en la División de Desarrollo Urbano del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, en la secretaría regional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo respectiva y en las municipalidades correspondientes.

En los casos en que, para la aplicación del Plan Regulador Comunal, se requiera de estudios más detallados, ellos se harán mediante Planos Seccionales, en que se fijarán con exactitud los trazados y anchos de calles, zonificación detallada, las áreas de construcción obligatoria, de remodelación, conjuntos armónicos, terrenos afectados por expropiaciones, entre otros.

La elaboración de Planos Seccionales tendrá carácter obligatorio en comunas con más de 50.000 habitantes que cuenten con Asesor Urbanista, para los efectos de fijar las líneas oficiales de edificación, y lo será también en aquellas que califique especialmente la Secretaría Regional correspondiente del Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, por sus condiciones topográficas, o por urgencia en materializar determinadas obras públicas o expropiaciones.

Deberán contar con el Plan Regulador Comunal:

a) Las comunas que estén sujetas a Planificación Urbana-Regional o Urbana – Intercomunal.

b) Todos aquellos centros poblados de una comuna que tengan una población de 7.000 habitantes o más.

c) Aquellos centros poblados de una comuna que sean afectados por una destrucción total o parcial.

d) Aquellos centros poblados de una comuna que la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo respectiva disponga mediante resolución.

2.2.3. Exigencias/ Normativa

En Chile, a la hora de urbanizar, existe una serie de normas y exigencias necesarias de considerar antes y durante la ejecución del proyecto, estas son denominadas normas urbanísticas, las cuales son definidas en el artículo 1.1.2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción como “totas aquellas disposiciones de carácter técnico derivadas de la Ley General de Urbanismo y Construcción de esta ordenanza y del Instrumento de Planificación Territorial respectivo aplicables a subdivisiones, loteos y urbanizaciones tales como, ochavos, superficie de subdivisión predial mínima, franjas afectas a declaratoria de utilidad pública, áreas de riesgo y de protección, o que afecten a una edificación tales como, usos de suelo, sistemas de agrupamiento, coeficientes de constructibilidad, coeficiente de ocupación de suelo o de los pisos superiores, alturas máximas de edificación, adosamientos, distanciamientos, antejardines, franjas afectas a declaratoria de utilidad pública, áreas de riesgo y de protección, o cualquier otra norma de este mismo carácter, contenida en la Ley General de Urbanismo y Construcciones o en esta Ordenanza, aplicables a subdivisiones, loteos y urbanizaciones o a una edificación.” (Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, 2018)

Según el artículo 1.4.4 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, señala que las normas urbanísticas que se deben aplicar en un predio son las siguientes:

- Usos de suelo
- Sistemas de agrupamiento
- Coeficiente de constructibilidad

- Coeficiente de ocupación de suelo
- Alturas de edificación expresadas en metros o números de pisos
- Adosamientos, distanciamientos, antejardines, ochavos y rasantes
- Superficie de subdivisión predial mínima
- Densidades
- Alturas de Cierros
- Exigencia de estacionamientos para cada uno de los usos permitidos
- Áreas de riesgo o de protección que pudieran afectarlo, contempladas en el Instrumento de Planificación Territorial, señalando las condiciones o prevenciones que se deberán cumplir en cada caso
- Zonas o Construcciones de Conservación Histórica o Zonas típicas y Monumentos Nacionales, con sus respectivas reglas urbanísticas especiales
- Exigencias de plantaciones y obras de ornato en las áreas afectas a utilidad pública
- El límite urbano o de extensión urbana
- Declaratoria de postergación de permisos, señalando el plazo de vigencia y el Decreto o Resolución correspondiente

Cuando se busca urbanizar un predio, se solicitará en la Dirección de Obras Municipal, el Certificado de Informaciones Previas (CIP) correspondiente, en el cual se especifican todas las exigencias con respecto a las normas urbanísticas, en palabras simples indica que se puede construir en dicho predio, presenta antecedentes complementarios, tales como:

- Número municipal asignado al predio
- Línea oficial, línea de edificación, anchos de vías que limiten o afecten al predio, ubicación del eje de la avenida, calle o pasaje y su clasificación de acuerdo con el artículo 2.3.2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.
- Declaración de utilidad pública que afecta al predio, en su caso, derivada del Instrumento de Planificación Territorial
- Indicación de los requisitos de urbanización, para los efectos de lo dispuesto en el artículo 65 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones. (Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, 2018)

“Artículo 65. El proceso de subdivisión y urbanización del suelo comprende tres casos:

- a) Subdivisiones de terrenos, sin que se requiera la ejecución de obras de urbanización, por suficientes las existentes.
- b) Loteos de terreno, condicionados a la ejecución de obras de urbanización, incluyendo como tales la apertura de calles y formación de nuevos barrios y poblaciones.
- c) Urbanización de loteos existentes, cuyas obras de infraestructura sanitaria y energética y de pavimentación no fueron realizadas oportunamente. El proceso de transferencia de los terrenos estará sujeto a que el propietario de estos cumpla con los requisitos que se determinan en el Párrafo 4º, Capítulo II, del Título III de esta ley, y en su Ordenanza general.” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)

Además de las normas urbanísticas, se deben considerar las normativas individuales de la ejecución y provisión de los servicios básicos:

- Aguas lluvias; Guía de Diseño y Especificaciones de Elementos Urbanos de Infraestructura de Aguas Lluvia.
- Agua potable y Alcantarillado; Ley General de servicios Sanitarios, Norma Chilena 691, Reglamento de Instalaciones Sanitarias de Agua potable y Alcantarillado
- Electricidad; Norma Chilena Eléctrica 2/84 y Norma Chilena Eléctrica 4/2003
- Gas; Decreto N°66
- Pavimentación; Manual de Carreteras, Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación.

“Artículo 134.- Para urbanizar un terreno, el propietario del mismo deberá ejecutar, a su costa, el pavimento de las calles y pasajes, las plantaciones y obras de ornato, las instalaciones sanitarias y energéticas, con sus obras de alimentación y desagües de aguas servidas y de aguas lluvias, y las obras de defensa y de servicio del terreno.

Las plantaciones y obras de ornato deberán ser aprobadas y recibidas por la Dirección de Obras Municipales respectiva.

La Ordenanza General establecerá los estándares mínimos de obras de urbanización exigibles fuera del terreno propio, cuando se trate de proyectos desvinculados de la vialidad existente, para los efectos de su adecuada inserción urbana, o su conectividad cuando se trate de proyectos en el área rural conforme al artículo 55.” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)

2.2.4. Actividades previas

Antes de llevar a cabo un proyecto de cualquier tipo, es necesario completar varias etapas, un proyecto nace para llegar a resolver una problemática, por lo cual, la primera etapa es identificar un problema para luego entregarle una solución.

Dependiendo el tipo de proyecto, estas etapas pueden variar o modificarse, sin embargo, las siguientes son actividades globales para llevar a cabo cualquier tipo de proyecto:

1. Desarrollo de una idea para solucionar una necesidad insatisfecha: la cual podrá ser, por ejemplo, la urbanización de un loteo para la posterior construcción de un conjunto habitacional.

2. Análisis de necesidades: en esta etapa se deben seleccionar las ideas más urgentes, para ello se deben considerar:

- Causas que originan la necesidad: técnicas, legales, arquitectónicas, u otras.
- Objetivos que deben satisfacer el proyecto: funcionalidad del proyecto.
- Priorizar las necesidades, según los objetivos planteados: secuencias lógicas, para la optimización de recursos.

3. Identificación de soluciones: se deberán identificar todas las posibles soluciones que den respuesta a las necesidades planteadas con anterioridad. En el caso de la urbanización, cada una de las etapas necesarias que contemplan este tipo de proyectos.

4. Estudios de factibilidad: estos estudios permiten determinar si las soluciones a las necesidades insatisfechas planteadas en los proyectos son viables desde el punto de vista económico, técnico y medioambiental. En el caso de la urbanización, cada uno de los estudios de factibilidad de servicios deben contemplar una factibilidad positiva, en caso contrario, se deben plantear nuevas soluciones.

5. Evaluación: esta etapa permite determinar cuál de las soluciones planteadas es la que presenta mejores factibilidades económicas, técnicas y medioambientales. En el caso de la urbanización, la evaluación positiva de cada una de las etapas de la urbanización debe tener un equilibrio entre factibilidad económica, técnica y medioambiental.

6. Financiamiento: para la materialización de un proyecto de urbanización es necesario contar con los recursos económicos necesarios, los cuales podrán provenir del propio gestor del proyecto, de terceros (inversionistas o bancos) o de ambos.

7. Diseño del proyecto: en esta etapa se deberán definir cada una de las partes constituyentes del proyecto, las cuales serán necesarias en el posterior llamado a licitación. En el caso de la urbanización, cada una de las etapas del proyecto deben tener coherencia entre sí, de manera de lograr la mayor optimización de recursos.

El proyecto definido por la L.G.U.C, como conjunto de antecedentes de una obra que incluye planos, memorias, especificaciones técnicas y, si correspondiere, presupuestos. Se elabora por un grupo de profesionales competentes representantes de cada especialidad, como, por ejemplo: Arquitectos, Ingenieros Calculistas, Mecánicos de Suelos, Projectistas Sanitarios, Projectistas de Electricidad, Gas, Paisajistas, entre otros.

Generalmente el diseño de un proyecto de urbanización contempla los siguientes aspectos:

- Estudio del terreno a urbanizar, analizando condiciones generales y reglamentarias, su topografía, su geología, hidrología, condiciones ambientales e históricas.
- Diseño arquitectónico y de paisajismo, cumpliendo con los requerimientos planteados por el propietario. Generalmente presentado en un anteproyecto y un proyecto definitivo.
- Diseño estructural de pavimentos, de sistemas de sostenimiento de tierra, obras de arte, viaductos, entre otros. Las etapas principales de diseño son:
 - Determinación de solicitaciones a las que se verá afectada la estructura.
 - Estructuración y especificación de los elementos soportantes.
 - Diseño de los elementos estructurales y elaboración de planos.
 - Redacción de especificaciones técnicas.

- Diseño de instalaciones, entiéndase por esto: agua potable, alcantarillado; aguas lluvias, electricidad y corrientes débiles.

- Por último se deben elaborar todos los documentos necesarios para llamar a licitación, algunos de ellos son: bases administrativas generales y especiales, borrador del contrato de construcción, carta para invitación a participar en propuesta, entre otras.

8. Llamado a licitación y adjudicación: una vez terminado los proyectos y elaborado todos los documentos necesarios para el llamado a licitación, se procede con la invitación a participar en la propuesta. El llamado puede ser público o privado, por tanto, la adjudicación de la licitación queda a absoluto criterio del mandante.

9. Construcción: esta es la etapa más relevante de un proyecto, ya que lleva a cabo la materialización de las obras. Dentro de las etapas conducentes a la ejecución de la obra de construcción, podremos nombrar algunas de las más importantes:

- Definición de una estrategia de gestión y calidad.
- Obtención de permisos para ejecutar las Obras.
- Redacción final y aceptación por ambas partes del contrato de construcción, en el cual se fijan las obligaciones entre mandante y constructora.
- Planificación y programación de las obras, en los cuales se fijan plazo y recursos necesarios para la materialización del proyecto.
- Adquisición por parte de la empresa constructora de materiales, maquinaria y mano de obra requerida para la construcción de las obras.

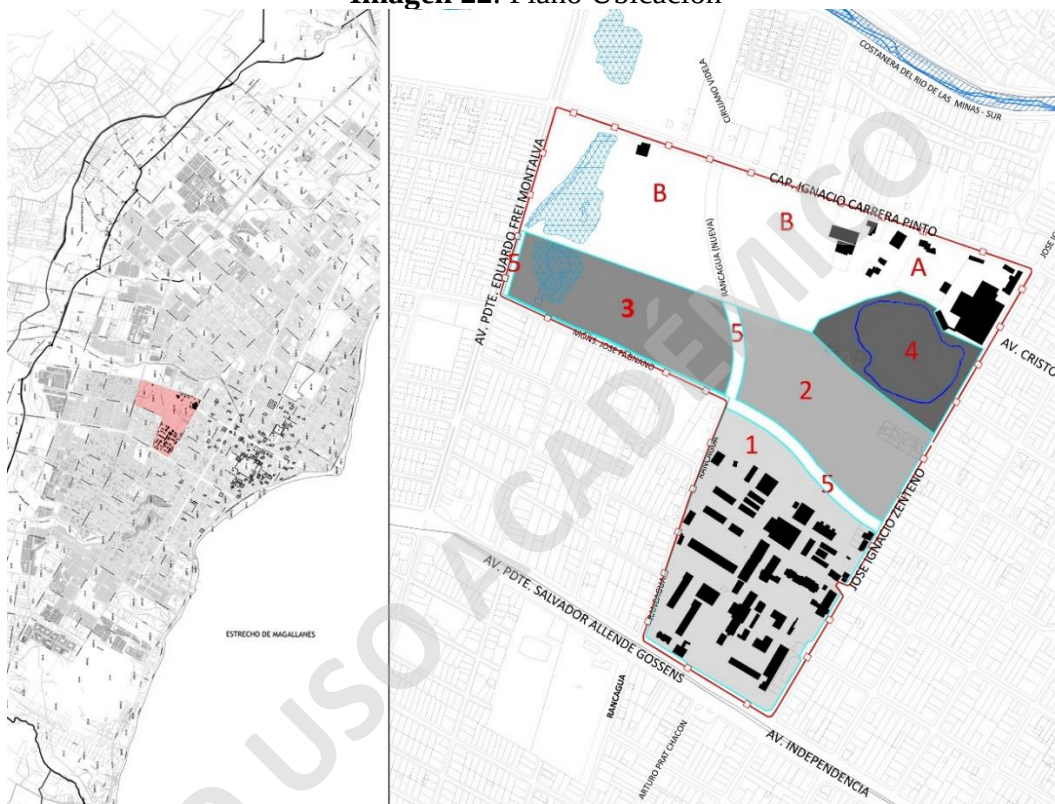
Como ya se mencionó, antes de comenzar con la construcción, es necesario la obtención de los permisos para ejecutar las obras, y en el caso de la subdivisión, el loteo y la urbanización de loteos existentes, requieren de permiso de la Dirección de Obras Municipales, a continuación, se detallan los documentos necesarios a presentar ante la DOM para proyectos de subdivisión, anteproyectos de loteo y permisos de urbanización.

1. Sobre el proyecto de subdivisión

Para solicitar al Director de Obras Municipales la aprobación de un proyecto de subdivisión, se deberán presentar los siguientes documentos:

1. Solicitud firmada por el propietario del terreno y por el arquitecto proyectista, en la cual se incluirá una declaración jurada simple del propietario como titular del dominio.
2. Original o copia autorizada por Notario del certificado de avalúo fiscal vigente. (Para pagos de derechos de subdivisión, se pagará un % del avalúo fiscal vigente por cada subdivisión que se haga)

- ### Imagen 22: Plano Ubicación



6. Plano con graficación de la subdivisión predial existente y la propuesta.

2. Sobre el anteproyecto de loteo

Para solicitar al Director de Obras Municipales la aprobación de anteproyectos de loteo, se deberán presentar los siguientes documentos:

- 42

2. Original o copia autorizada ante Notario del certificado de avalúo fiscal vigente.
3. Fotocopia del Certificado de Informaciones Previas, salvo que en la solicitud se indique su número y fecha.
4. Plano en que se grafique la situación actual del predio, con sus respectivos roles, a una escala adecuada para su comprensión, indicando las medidas de cada uno de los deslindes con los vecinos.
5. Plano del anteproyecto de loteo, a escala no menor de 1:1.000, suscrito por el propietario y el arquitecto, que deberá contener:
 - a) Curvas de nivel cada 1 metro para pendientes promedio de hasta 25%, y cada 5 metros para pendientes superiores. Los planos deberán señalar los cursos naturales y canales de agua, líneas de tendido eléctrico y ductos de otras instalaciones que atraviesen o enfrenten el terreno.
 - b) Numeración de los nuevos lotes con sus dimensiones respectivas.
 - c) Trazados geométricos de las nuevas vías que sitúen sus ejes y establezcan sus anchos, y los empalmes con vías existentes, en que se deberán definir tanto los trazados en planta como los perfiles transversales.
 - d) Graficación de los terrenos correspondientes a las cesiones para áreas verdes públicas y equipamiento, con sus dimensiones y superficies.
 - e) Áreas de restricción o de riesgos que afecten el terreno y sus respectivas obras de protección cuando corresponda.
 - f) Cuadro de superficies de los lotes resultantes y porcentajes de distribución de las superficies correspondientes a cesiones gratuitas para áreas verdes, equipamiento y vialidad.

“En toda urbanización de terreno se cederá en forma gratuita y obligatoriamente, para la circulación, áreas verdes y desarrollo de actividades deportivas y recreacionales y para equipamiento las superficies que señale la ordenanza, las cuales no podrán exceder el 44% de la superficie del terreno original”.
 - g) Ubicación del terreno, a escala no inferior 1:5.000, con indicación de las vías y/o espacios públicos existentes en su proximidad y de otros elementos referenciales relevantes que faciliten su identificación.
6. Medidas de prevención de riesgos provenientes de áreas colindantes y/o del mismo terreno, cuando el Director de Obras Municipales lo exija en el certificado de informaciones previas.

Una vez recopilado estos antecedentes se ingresan ante la DOM juntamente con una solicitud para la aprobación del anteproyecto de loteo y se espera la resolución del director de obras municipales. La DOM tiene un plazo de 15 días, contados desde la fecha de ingreso de la solicitud, para pronunciarse.

En el caso que dicho anteproyecto no cumpla con las normas que les son aplicables, tanto de la Ley General de Urbanismo y Construcciones y de la Ordenanza como de los Instrumentos de Planificación Territorial, éste es rechazado y se informa al interesado por escrito la totalidad de las observaciones que deben ser aclaradas o subsanadas para poder conseguir esta aprobación.

En este caso, el interesado tiene un plazo de 60 días para subsanar o aclarar las observaciones expuestas, de lo contrario se rechaza la solicitud de aprobación de anteproyecto y se devuelven al interesado todos los antecedentes, debidamente timbrados por la DOM.

El anteproyecto aprobado mantendrá su vigencia respecto de las normas urbanísticas consideradas en dicho anteproyecto y con las que éste se hubiere aprobado, para los efectos de la obtención del permiso correspondiente, durante el plazo de 180 días, salvo en los casos específicos, en que dicho plazo se extiende a 1 año.

3. Sobre el permiso de urbanización

Posterior a la aprobación del anteproyecto de loteo y una vez elaborados los proyectos de Pavimentación, Alcantarillado de Aguas Lluvias, Alcantarillado de Aguas Servidas, Agua Potable, Electricidad, Gas, entre otras, se solicita a la DOM el permiso de Urbanización, para ello se deben presentar los documentos que se indican a continuación:

1. Todos los antecedentes presentados para aprobación del anteproyecto de loteo, a excepción de los correspondientes al número 5.
2. Plano de loteo con las mismas características del plano de anteproyecto de loteo, presentado para la aprobación de éste.
3. Planos de los proyectos de urbanización, debidamente firmados por los profesionales competentes, incluyendo, cuando el proyecto consulte tales instalaciones, los correspondientes a redes de agua potable y alcantarillado de aguas servidas y aguas lluvias, redes de electrificación, alumbrado público, gas, telecomunicaciones, pavimentación y sus obras complementarias, plantaciones y obras de ornato, y obras de defensa del terreno, todos ellos con sus respectivas especificaciones técnicas y memorias de cálculo cuando corresponda.
4. Certificado de factibilidad de dotación de servicios de agua potable y alcantarillado, para la densidad propuesta, emitido por la empresa de servicios

sanitarios correspondiente. De no existir empresa de servicios sanitarios en el área, se deberá presentar un proyecto de agua potable y alcantarillado, aprobado por la autoridad respectiva.

5. Memoria explicativa del loteo, deberán adjuntarse sus memorias explicativas y sus especificaciones técnicas.

Una vez presentado todos estos documentos, el Director de Obras Municipales concederá el permiso respectivo una vez que haya comprobado que los antecedentes presentados cumplen con las disposiciones contenidas en el IPT que corresponda, con la Ley General de Urbanismo y Construcciones y con la Ordenanza, previo pago de los derechos correspondientes.

En caso de que el Director de Obras Municipales tuviese observaciones respecto a los antecedentes entregados, se aplicará el mismo procedimiento de aclaración de observaciones utilizadas en la presentación de anteproyectos de loteo, descrita anteriormente.

Con todos los proyectos desarrollados y premisos otorgados, se está en condición de llamar a licitación, para posteriormente adjudicar el proyecto a una empresa constructora y materializar su construcción propiamente tal (Veas, 2019).

2.2.5. Aguas lluvias

Los proyectos de urbanización deben considerar la solución de los problemas que puedan producir las aguas lluvias en la zona a urbanizar, utilizando para ello las obras y elementos técnicos necesarios.

Debido a que en las zonas urbanas la solución de este tipo de problemas involucra la participación de varios actores, existe la Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias, la cual tiene por fin velar porque las soluciones sean coherentes con el entorno, se adecuen a soluciones más generales y eviten conflictos de intereses con terceros.

“El proyectista debe considerar algunos criterios básicos que orientan las soluciones de drenaje de aguas lluvias de la zona a urbanizar. Los proyectos deben satisfacer al menos los siguientes:

a) Respetar el sistema general de drenaje y la capacidad de los colectores propuestos en el Plan Maestro de Aguas Lluvias, en la Imagen 23 se muestra a modo de ejemplo el plano del Plan Maestro de Aguas Lluvias del Gran Santiago.

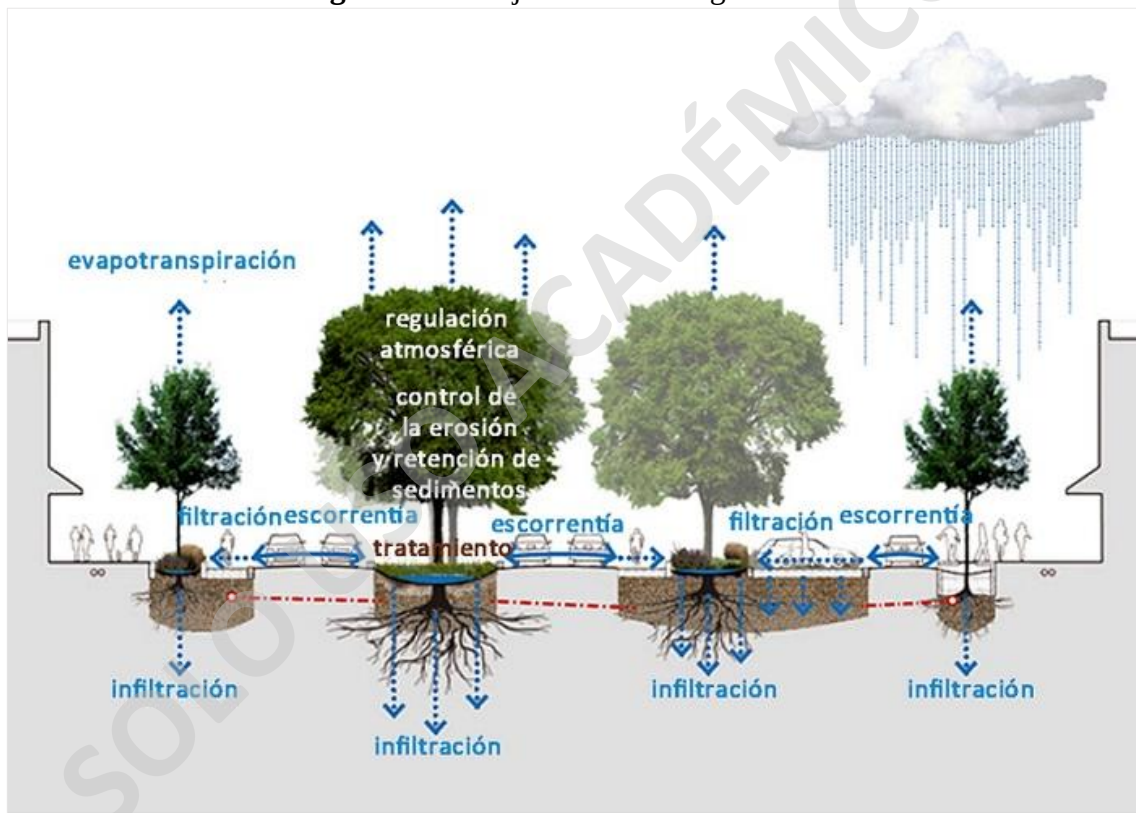
b) Evitar la inundación de calles y bienes para períodos de retorno preestablecidos en las condiciones de diseño.

d) Si se trata de una urbanización nueva de terrenos que no estaban urbanizados, la urbanización no debe generar mayores caudales máximos que los que se producían antes de urbanizar para las lluvias de diseño.

e) El criterio anterior también podrá aplicarse a proyectos de remodelación de zonas urbanas extensas, o grandes proyectos industriales, comerciales o institucionales en zonas ya urbanizadas.

f) Respetar el sistema de drenaje natural de la zona, el trazado de las quebradas y cauces naturales que existan. En lo posible incorporarlo a las áreas verdes para ser utilizado como drenaje del lugar, minimizando los impactos de la urbanización sobre el sistema natural de la cuenca hacia aguas abajo, tal como se muestra en la Imagen 24.

Imagen 24: Drenaje Natural de Aguas Lluvias



Fuente: (iAgua, 2019)

g) Abordar la solución de los problemas de calidad de las aguas lluvias generadas en la urbanización mediante la captación y tratamiento en el lugar de una proporción importante del volumen de escorrentía anual.” (Ministerio de Vivenda y Urbanismo, 2018)

Una vez que el proyecto de un sistema de recolección de aguas lluvias urbanas sea resuelto, debe quedar claramente establecido el destino final de las aguas recolectadas por la red. “Se consideran aceptables las siguientes opciones:

a) Para una red de colectores secundarios debe ser la red de colectores primarios definida en el Plan Maestro de aguas lluvias de la zona, o bien un colector secundario diseñado específicamente para recibir dicho aporte.

b) No deberá emplearse canales de riego como receptores de aguas lluvias de la red secundaria, a menos que expresamente estén considerados de esta forma en el Plan Maestro de aguas lluvias.

c) Para descargas en sectores en los cuales no se haya habilitado un colector primario o secundario destinado a recibir dichos aportes, se procederá a desarrollar el proyecto considerando los antecedentes técnicos de la conexión futura e implementando un sistema alternativo adecuado de infiltración.” (Ministerio de Vivinda y Urbanismo, 2018)

2.2.6. Agua Potable y Alcantarillado

Para llevar a cabo un proyecto de urbanización se debe ejecutar el abastecimiento de agua potable y por ende el de alcantarillado, considerando el ciclo que este genera, como se muestra en la Imagen 25. La urbanización de Agua Potable incluye todos los elementos requeridos, desde la producción hasta la llave de paso (inclusive) colocada después del medidor de agua potable (MAP).

Imagen 25: Ilustración de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado



Fuente: (EU Instalaciones, 2019)

“Todo proyecto relacionado con la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular, destinada a la provisión o purificación de agua potable para el consumo humano, quedará sometido a lo dispuesto en el Código Sanitario y sus reglamentos. Así también, la explotación de los servicios públicos sanitarios que se

vinculan con la producción y distribución de agua potable o con la recolección y disposición de aguas servidas y aguas lluvias, quedarán sometidas a lo dispuesto en la Ley General de Servicios Sanitarios y normas sobre la materia que dicte la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

Todas las redes y sus correspondientes obras complementarias vinculadas a cualquier proyecto de urbanización de un terreno, serán de cargo del urbanizador y se ejecutarán en conformidad a las normas y especificaciones técnicas sobre diseño y construcción de este tipo de obras, aprobadas por el Ministerio de Obras Públicas a proposición de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, en virtud de lo previsto en la Ley General de Servicios Sanitarios, sin perjuicio del cumplimiento de las normas que sobre la misma materia, se deriven de la aplicación del Código de Aguas y del Código Sanitario.” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)

La ejecución de provisión de agua potable y alcantarillado queda en manos de las empresas de servicios sanitarios, “quienes tendrán un plazo máximo de 30 días para pronunciarse sobre los proyectos de redes públicas de distribución de agua potable y de recolección de aguas servidas, tanto de aquellos que correspondan a redes para nuevos loteos como a extensiones propiamente tales. Vencido este plazo sin que hubiere respuesta del prestador se entenderá que éste aprueba el proyecto, pudiendo el interesado dar aviso de Inicio de la construcción de las obras y comenzar su construcción 3 días después de ingresado este aviso en la respectiva empresa sanitaria.” (Ministerio de Obras Públicas, 2003)

Para llevar a cabo los proyectos de agua potable y alcantarillado, según lo especifica el Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado, se deberá cumplir con lo siguiente:

“Artículo 50º: Los proyectos deberán contener memoria, planos y especificaciones técnicas como documentos independientes. Sin embargo, en aquellos que correspondan a viviendas hasta de dos pisos, con 75 UEH o menos y diámetro máximo de arranque y medidor de agua potable de 25 mm. y que no incluyan obras complementarias, tales como estanques, sistema de elevación u otros, se podrá establecer en el plano la memoria y especificaciones técnicas mínimas. Los proyectos no contemplados en esta excepción se califican como proyectos de envergadura.

Se entenderá por Memoria, la exposición de los antecedentes, recursos, requerimientos, métodos de estudio y cálculo de las soluciones propuestas, la que deberá contener las bases técnicas que correspondan para el diseño de los proyectos de conformidad a lo establecido en este Reglamento:

- a. Proyectos de agua potable:
 - a.a. Número estimado de usuarios
 - a.b. Dotaciones consideradas.
 - a.c. Materiales utilizados.

- a.d. Cálculo de gastos instalados, probable y consumo máximo diario.
- a.e. Cálculo de presiones.
- a.f. Cálculo del medidor.
- a.g. Cálculo y características de obras y equipos especiales.
- a.h. Cálculo del consumo del período de punta
- a.i. Bases técnicas del sistema de riego, si lo hubiera.

b. Proyectos de Alcantarillado:

- b.a. Número estimado de usuarios
- b.b. Número de artefactos a instalar.
- b.c. Gasto instalado de cada artefacto.
- b.d. Dotaciones y cuadro de UEH.
- b.e. Caudales de aguas servidas.
- b.f. Criterios de diseño y dimensionamiento, bases de cálculo utilizadas.
- b.g. Solución de aguas lluvia independiente del sistema de alcantarillado de aguas servidas.

Los Planos, son la expresión gráfica del proyecto y su contenido determina la geometría completa de la obra. Junto con las especificaciones técnicas deben definir todos los requisitos necesarios para la construcción, los que constarán esencialmente de lo siguiente:

- a. Plano de ubicación de la propiedad con sus dimensiones, referida a puntos de referencia (PR), fácilmente identificable, indicando el norte.
- b. Planta de cada piso con indicación de cotas referidas al punto de la solera ubicado sobre la unión domiciliaria de alcantarillado (CS) a otro adecuado.
- c. Ubicación y protección del medidor.
- d. Si se precisa describir más detalladamente parte de las instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado (IDAA) se utilizarán cortes de detalle a escala adecuada.
- e. Cuando sea necesario en los proyectos de envergadura deberá incluirse un esquema isométrico.
- f. Las instalaciones de agua potable y alcantarillado deberán ir en planos separados.
- g. Los proyectos de las instalaciones de agua fría y caliente podrán ir en un mismo plano, pero en plantas separadas.

Las Especificaciones Técnicas representarán la expresión escrita de las condiciones del proyecto. Tendrán por objeto impartir las instrucciones técnicas sobre los procedimientos constructivos, los materiales que se emplearán, las tolerancias y pruebas que deberán cumplirse.” (Ministerio de Obras Publicas, 2003)

2.2.7. Electricidad

Dentro del proyecto de urbanización se deberá ejecutar redes y obras complementarias de electrificación y alumbrado público, ejecutado por la empresa de servicio público de distribución de energía eléctrica que corresponda.

Para concretar la instalación eléctrica deberá ser desarrollada de acuerdo con reglas de la técnica, de modo de asegurar que la instalación construida de acuerdo con él no presente riesgos para sus usuarios, proporcione un buen servicio, permita una fácil y adecuada mantención, tenga la flexibilidad necesaria para permitir ampliaciones, sea eficiente y su explotación sea económicamente conveniente.

Además, todo proyecto de instalación eléctrica deberá ser realizado por un instalador eléctrico, autorizado en la clase que corresponda de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de Instaladores Eléctricos, o poseer un título en las profesiones que indica dicho Reglamento. Dichas personas serán ante el Ministerio los únicos responsables de la presentación y del contenido del proyecto, sin perjuicio de las responsabilidades ante la justicia del propietario y del proyectista eléctrico.

“El estudio técnico de un proyecto de instalación eléctrica deberá contemplar a lo menos las siguientes partes:

- a. Memoria Explicativa, la cual contendrá lo siguiente:
 - Descripción de la obra.
 - Cálculos justificativos.
 - Especificaciones técnicas.
 - Cubicación de materiales.

La descripción de la obra, los cálculos justificativos y las especificaciones técnicas se presentarán mecanografiados en formato A4 de la serie normal de formatos indicada en la Norma Nch 13. Of. 65: Ver Apéndice N°1.

- b. Planos.” (Ministerio de Economía, Fomento Y Reconstrucción, 2009)

El proyecto de instalación eléctrico debe ser inscrito en la SEC (Superintendencia de Electricidad y Combustibles), el trámite a realizar para comunicar a SEC las redes eléctricas de distribución de un loteo, según lo dispone el artículo 123° del D.F.L. N° 4/20.018, de 2006, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, consiste en que el urbanizador una vez ejecutadas las obras debe traspasar la nueva instalación a la distribuidora que dará suministro en el sector, la que debe asumir la propiedad de la urbanización eléctrica en los términos establecidos en el artículo 127° del cuerpo legal antes citado. En consecuencia, es la empresa distribuidora quien, en su calidad de propietaria de la nueva urbanización, debe realizar los trámites de comunicación de puesta en servicio de estas nuevas obras ante la SEC y no el urbanizador. En el caso en consulta, primero debieran clarificarse dos aspectos, ya que se habla de instalaciones subterráneas:

1) Si las redes eléctricas de distribución del loteo quedarán definitivamente en un condominio privado o, en el futuro, darán origen a instalaciones establecidas en bienes nacionales de uso público.

2) Si las obras se sujetaron al procedimiento del artículo 127 del citado D.F.L N°4, ya que sólo en ese caso las obras quedan sujetas a Aportes Financieros Reembolsables (AFR).

En todo caso, sólo parte de las instalaciones quedan afectas a los AFR, ya que, por ejemplo, al Alumbrado Público no aplican. Por otra parte, las distribuidoras normalmente sólo reembolsan por el equivalente aéreo. Si no se ajustaron a este procedimiento y las obras van a quedar en bienes nacionales de uso público, van a tener que pactar su traspaso.

Ahora bien, si la nueva urbanización eléctrica se construirá en un terreno particular, condominio privado (Imagen 26), por ejemplo, y las instalaciones no pasarán a propiedad de la distribuidora del sector, entonces la comunicación de puesta en servicio de la instalación la debe efectuar el urbanizador, mediante los servicios de un instalador autorizado por SEC y una vez en uso será esta misma comunidad la responsable de los costos de estos servicios.

Imagen 26: Condominio Privado



Fuente: (DUBOIS, 2019)

2.2.8. Gas

Si bien, la instalación de redes de gas en una urbanización no está siempre presente, dentro de las urbanizaciones que, si se realiza, la ejecución de la provisión de gas es sin duda la más compleja, esto debido a la alta peligrosidad del material. Considerando que el más mínimo error en su ejecución puede terminar con un desenlace fatal. Es por esto que al ejecutar estas obras se debe cumplir a total cabalidad las normas existentes.

Es necesario indicar que el gas que se distribuye en este tipo de instalaciones es el gas natural (GN), el cual es entregado por la empresa transportista a la empresa distribuidora en un punto conocido como City Gate (Imagen 27).

Imagen 27: City Gate Gasco



Fuente: (Fundación Gasco, 2019)

Para llegar al cliente final, la empresa distribuidora debe construir redes dentro de la zona de concesión, que van desde el City Gate hasta el medidor de consumo en la propiedad del cliente, lo cual implica cuantiosas inversiones y dificultades técnicas por la construcción subterránea en las ciudades.

Son las empresas de Gas las entidades destinadas a distribuir o abastecer de este combustible a las nuevas urbanizaciones. Al igual que la entidad de Certificación de Instalaciones de Gas, es el organismo autorizado por la Superintendencia facultado para certificar e inspeccionar instalaciones de gas, de acuerdo con los requisitos establecidos en las disposiciones legales, reglamentarias y técnicas sobre la materia

Previo a la confección del proyecto de una instalación de gas, se deberá constatar que las condiciones operacionales y técnicas del suministro de gas, sean las requeridas por la instalación de gas a proyectar, para lo cual el Instalador de Gas, deberá solicitar, por escrito, a la Empresa de gas respectiva, proporcionando la información indicada en el Formulario de Solicitud de Información Técnica de Suministro de Gas, la disponibilidad de ésta para proporcionar abastecimiento en tales condiciones, cuando corresponda, formalizando tal condición a través de la emisión del Certificado de Factibilidad de Suministro emitido por la respectiva empresa, según las disposiciones establecidas en el artículo 14 del “Reglamento de Servicio de Gas de Red” o disposición que lo reemplace.

El decreto N°66 estipula los requisitos técnicos y de seguridad aplicables a la ejecución o construcción de una Instalación Interior de Gas, especialmente respecto de las tuberías de gas con sus correspondientes conexiones, dispositivos y accesorios, asociadas a las instalaciones interiores de gas, como asimismo sus accesorios necesarios para otorgar el suministro de gas, tales como medidores de gas y equipos de GLP.

“Artículo 29. Las empresas de gas, previo a otorgar suministro definitivo, deberán verificar que la instalación de gas, a la cual otorgará suministro, según el tipo de que se trate, cumplan los requisitos sobre puesta en servicio establecidos en el artículo 87 del presente reglamento.

Artículo 30. Las empresas de gas deberán comunicar a la Superintendencia, todo accidente asociado a instalaciones a las cuales suministre o abastezca de gas, inmediatamente o dentro de las 24 horas desde que tenga conocimiento del hecho, dejando registro de ello. Debiendo entregar un informe preliminar a dicho Organismo dentro de los cinco (5) días siguientes al accidente. Sin perjuicio de lo anterior, la Empresa Distribuidora de Gas deberá evacuar un Informe Final de Accidente, dentro de los quince (15) días siguientes al accidente, detallando los hechos, el análisis de sus causas y consecuencias.

En caso de ser necesario el retiro de alguna especie del lugar afectado, o la interrupción del abastecimiento de gas y su posterior reposición, se deberán efectuar en los términos establecidos en el artículo 66 del “Reglamento de Servicio de Gas de Red” o disposición que lo reemplace.” (Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción , 2007)

Las consideraciones generales, que se deberán tener en cuenta al momento de la elaboración del proyecto de toda Instalación Interior de Gas, además de la información que éste deberá contener.

“41.2.1 El proyecto de una Instalación Interior de Gas deberá contar con, al menos, memoria de cálculo, planos de las obras, especificaciones técnicas de los materiales, artefactos y productos de gas, asociados al proyecto, recomendaciones del fabricante de los artefactos a gas, procedimientos de construcción, Manual de Uso de la instalación y artefactos a gas.

41.2.2 Los documentos técnicos del proyecto de la Instalación Interior de Gas, entre otros, planos, especificaciones técnicas, deberán ser firmados por el Instalador de Gas, que hubiere elaborado tal proyecto, además del propietario de dicha instalación.” (Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción , 2007)

3. CAPITULO 3. CONSTRUCCIÓN DE CALZADAS ASFÁLTICAS EN URBANIZACIONES

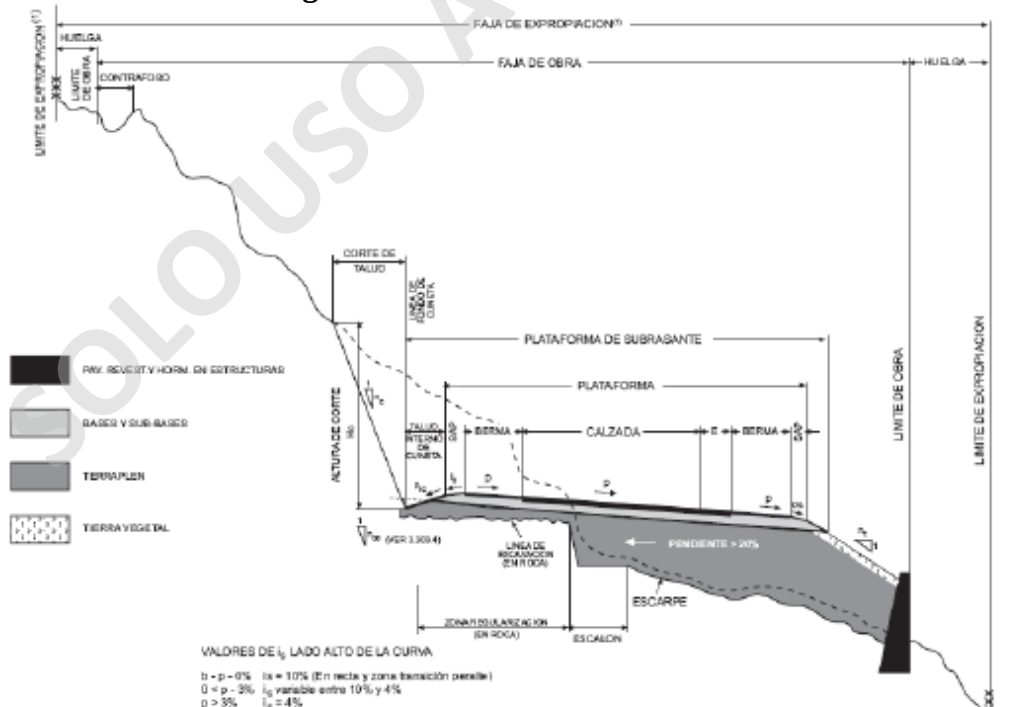
4.1. Infraestructura de una calzada

La infraestructura está compuesta por todas aquellas obras que permiten salvar todos los aspectos hidráulicos, geográficos, topográficos entre otros, como se muestra en la Imagen 28, que permitan lograr las características geométricas adecuadas para la categoría del camino hasta el nivel de plataforma de subrasante, sus funciones básicas son corregir imperfecciones o accidentes geográficos, proporcionar una superficie adecuada para el pavimento (superestructura).

Por lo tanto, algunos elementos de la infraestructura son:

- Terreno natural (en rigor no es una obra, si su preparación)
- Terraplén
- Corte
- Mejoramientos
- Obras de arte
- Todo lo necesario para asegurar su estabilidad

Imagen 28:Infraestructura de una Calzada

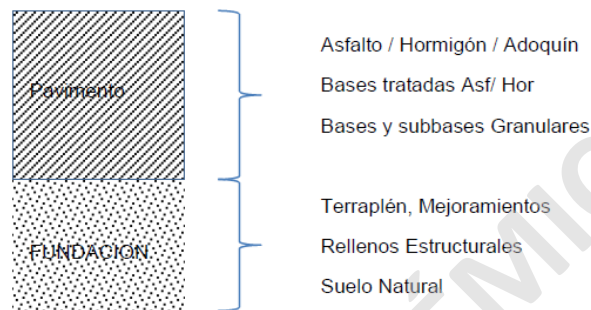


Fuente: (BITUMIX, 2019)

En complemento la superestructura o pavimento está compuesta por una o más capas tratadas o no tratadas sobre el nivel de subrasante, que permitan distribuir las cargas que imponen el tránsito y que permiten la circulación cómoda, segura durante un periodo de tiempo determinado.

Para graficar de mejor manera como funciona este compuesto, podemos ver en la Imagen 29 los componentes clasificados en fundación y pavimento, lo cual nos permite diferenciar sus capas y las funciones de cada una.

Imagen 29: Fundación y Pavimento



Fuente: (BITUMIX, 2019)

La principal función de una calzada es la distribución de cargas y circulación cómoda de sus usuarios, lo cual tiene que ver con aspectos de protección de la fundación y del servicio al usuario respectivamente. Sin embargo, el hecho que se deban garantizar dichas características por un periodo de tiempo determinado es un concepto que involucra optimización y definir que se espera como condición final.

En 1958, AASHTO definió el concepto de serviciabilidad para describir la vida útil de un camino como “Capacidad que tiene una sección específica de pavimento para servir al tránsito”. Se considera una calzada servicial aquella que cumple fielmente con los siguientes requisitos:

- Prestar un servicio
 - Seguridad: Debe tener las características superficiales y geométricas que permitan entregar seguridad al conductor.
 - Velocidad: Debe tener las características geométricas y de regularidad que permitan usar la vía a velocidades de operación que permitan obtener beneficios económicos que justifiquen la inversión.
 - Confort: Debe presentar características superficiales y geométricas que entreguen a los usuarios las mejores condiciones de circulación para: minimizar riesgos, generar el menor desgaste del vehículo.
- Proteger al suelo natural
 - Distribuir Cargas: Debe estar compuesto por capas dimensionadas en espesor y propiedades mecánicas que permitan disipar las cargas de tránsito para que la

fundación del pavimento reciba cargas o presiones inferiores a las de su resistencia.

- Impermeabilidad: al menos una de las capas de pavimento debe cumplir la función de impermeabilidad para proteger al suelo de fundación de la acción del agua.
- Tener integridad:
 - Las capas de pavimento deben durar un tiempo definido o debe ser resistente a unas cargas preestablecidas. Debe ser resistente a las condiciones ambientales aun cuando no haya cargas de tránsito.

En el caso de una calzada en zona urbana, esta se ve acompañada de otros componentes; a diferencia de las calzadas rurales, las urbanas van siempre confinadas con soleras, las cuales pueden tener o no zarpa (Imagen 30), la cual es la encargada de recibir las aguas, siendo aquí donde se acumulan según el bombero (% de pendiente) de la calzada, dirigiéndola hacia un sumidero u otro según corresponda su disposición final. Considerando que para una mezcla asfáltica la presencia de humedad puede traer graves consecuencias, se recomienda usar estas soleras con zarpa o bien elaborarla con hormigón.

Imagen 30: Solera con Zarpa



Fuente:(Aconcret, 2019)

Como se muestra en la Imagen 31, adicionalmente, las calzadas se ven acompañadas de acera, faja de servicio, vereda, ciclovías, entre otros.

Imagen 31: Corte de Calzada Tipo



Fuente: (SERVIU, 2019)

4.2. Mezcla Asfáltica

Los pavimentos flexibles son los más utilizados actualmente en Chile, por lo tanto, las mezclas bituminosas tienen una gran importancia, no sólo por los grandes volúmenes que se utilizan en su construcción, sino por el alto valor que tienen y porque los usuarios transitan directamente sobre ellas. Estas mezclas son empleadas en los pavimentos flexibles para formar capas de rodadura o capas intermedias, y en los pavimentos semiflexibles se utilizan además como capas de base.

Las mezclas bituminosas, están formadas básicamente por una combinación de áridos y un ligante bituminoso o cemento asfáltico, de manera que las partículas quedan cubiertas por una película continua de betún.

Actualmente existen diferentes clasificaciones para las mezclas bituminosas en función del parámetro que se considere para establecer las diferencias entre ellas:

Según Granulometría:

Por Granulometría (según % pasa tamiz N°8)

- Fina 50-65%
- Densa 35-50%
- Semidensa 28-42%
- Gruesa 20-35%
- Abierta 5-20%

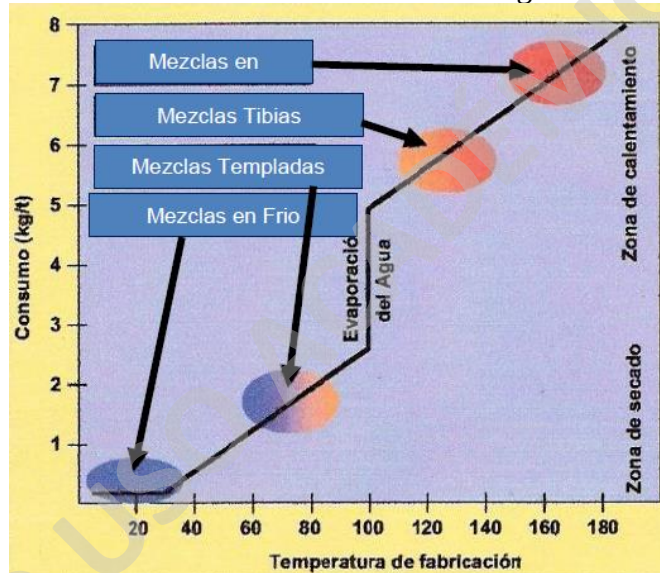
Por Granulometría (distribución de tamaños)

- Continuas
- Discontinuas

Según Temperatura de confección (Imagen 32):

- Caliente $>140^{\circ}\text{C}$
Cemento asfáltico
- Tibias $>120^{\circ}\text{C}$
Cemento asfáltico + Aditivos
- Templadas $>80^{\circ}\text{C}$
Emulsiones + Aditivos
- En frío $>10^{\circ}\text{C}$
Emulsiones

Imagen 32: Clasificación de Mezcla Asfáltica según T° de Confección



Fuente: (BITUMIX, 2019)

Según Ubicación dentro de la Estructura:

- Carpeta asfáltica
- Intermedia (binder)
- Base asfáltica
- Bases estabilizadas con asfalto (se consideran estructuralmente granulares)
 - Espumado
 - Emulsión

Según Porcentaje de Huecos:

Por porcentaje de vacíos o huecos en la mezcla:

- Drenantes $>20\%$
- Abiertas $>15\%$

- Semi abiertas 10-15
- Gruesas 7-10
- Semi cerradas 4-6
- Cerradas <4%

La cantidad de vacíos de aire o huecos en la mezcla determina su comportamiento. Una baja cantidad de huecos limita la movilidad del asfalto ante las cargas y fluctuaciones térmicas, produciéndose finalmente que este migre a la superficie generando un defecto conocido como exudación (Bleeding) y potencialmente deformación plástica de la mezcla (Corrugation, shoving, rutting). Un exceso de huecos provoca un aumento de la permeabilidad de la mezcla, situación que generalmente no es deseado en particular en mezclas de carpeta. Solo es deseable en mezclas internacionales permeables como las abiertas y drenantes.

No existe una mezcla absolutamente impermeable (Carpeta, Binder o Base). Si lo fuera sería una membrana No una Mezcla.

Sin embargo, existe una convención de que sobre el 8% o 10% de huecos en la mezcla, esta es "permeable" asociado a una permeabilidad de 0.00125 cm/s ($1.25E-3$) según ASTM129 (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).

La existencia de un cierto porcentaje de huecos en las mezclas bituminosas, después de su compactación, es muy importante para evitar que se generen deformaciones plásticas, como consecuencia del paso de las cargas y de los cambios de temperatura. En general las mezclas deben tener más de un 3% de huecos en mezcla; si dicho porcentaje no supera el 6% se habla de mezclas densas y cuando superan el 15% se consideran abiertas, finalmente si el porcentaje de huecos es superior al 20% se denominan mezclas drenantes o porosas.

El tamaño máximo del árido es otro factor importante dentro de la clasificación de las mezclas bituminosas, y cabe distinguir dos grupos principales, las mezclas gruesas con un tamaño máximo de áridos que excede los 8 [mm], y las finas en las que el tamaño máximo no supera dicho valor. La mayoría de las mezclas utilizadas en nuestro país son mezclas gruesas con tamaños máximos nominales de áridos especificados en 10, 13, 19 [mm] Cabe mencionar que todas las mezclas bituminosas que se estudian en este trabajo son mezclas consideradas gruesas dentro de esta clasificación, ya que tienen tamaños máximos de áridos superiores a los 10 [mm].

Las mezclas bituminosas tienen una serie de características que deben adaptarse a cada caso, tomando en cuenta las cualidades de los materiales constituyentes, su dosificación y las condiciones de fabricación y puesta en obra. En todo caso, la primera característica que debe tener toda mezcla bituminosa es la de ser capaz de soportar las cargas y de resistir las tensiones producidas con unas deformaciones tolerables. Esta propiedad se denomina estabilidad y representa la resistencia intrínseca del material, es decir, la combinación de su rozamiento interno y de su cohesión.

Además de la estabilidad, las mezclas bituminosas deben presentar otras características muy importantes, entre las que se pueden mencionar una resistencia a las deformaciones

plásticas, resistencia a la disgregación, resistencia a la fatiga, flexibilidad, una adecuada resistencia al deslizamiento, impermeabilidad en el caso de las mezclas cerradas y permeabilidad en el caso de las drenantes y una resistencia adecuada a los agentes extremos (durabilidad).

4.2.1. Diseño de la Mezcla

Básicamente el diseño de una mezcla asfáltica consiste en seleccionar una adecuada combinación de agregados y determinar la cantidad óptima de asfalto que dicha combinación requiere. Tal condición se logra mediante ensayos de laboratorio que en definitiva permiten obtener una mezcla económica que, una vez dada al tránsito, tenga un comportamiento conforme a los propósitos para los cuales fue construida. Todo método de diseño debe considerar las siguientes propiedades que son deseables en una mezcla asfáltica.

El método de diseño de pavimentos flexibles nuevos está basado en el método AASHTO (La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes, por sus siglas en inglés). Fundamentalmente es la versión de 1993 del método, con algunas precisiones y complementos para ajustarlo más a la realidad chilena.

El procedimiento que se describe es el resultado de ensayos realizados en pistas de pruebas, construidas bajo condiciones ambientales y con suelos de características muy definidas y en muchos casos completamente diferentes a las condiciones que se dan en algunas zonas del país. Por consiguiente, a pesar de que se le han introducido una serie de modelaciones matemáticas tendientes a ajustar mejor algunos parámetros a la situación real de la zona donde se emplaza el proyecto que se diseña, se debe ser extremadamente cauteloso cuando corresponda salirse mucho del marco bajo el cual fue desarrollado.

El método en su versión de 1993 es una extensión del procedimiento original derivado de la prueba AASHO realizada durante 2 años y terminada en 1960. Las modificaciones introducidas en esta versión están únicamente orientadas a expandir las posibilidades de aplicación del método a diferentes climas, diseños, materiales y suelos.

Siguiendo ese lineamiento, el procedimiento que se presenta, incluye algunos cambios adicionales destinados a ajustarse mejor a la realidad nacional.

La fórmula general de diseño relaciona la cantidad de ejes equivalentes (EE) solicitantes con el número estructural y el nivel de confianza, de manera que la estructura experimente una pérdida de serviciabilidad determinada. La ecuación es la siguiente:

$$EE = (NE + 25,4)^{9,36} \cdot 10^{(-16,40 + ZE \cdot So)} \cdot MR^{2,32} \cdot [(p_i - p_f) / (p_i - 1,5)]^{1/\beta}$$

$$\beta = 0,40 + [97,81 / (NE + 25,4)]^{5,19}$$

en que:

- EE : ejes equivalentes de 80 KN acumulados durante la vida de diseño
- NE : número estructural (mm)
- NE : $a_1 \cdot h_1 + a_2 \cdot m_2 \cdot h_2 + a_3 \cdot m_3 \cdot h_3$

a_1, h_1	:coeficiente estructural y espesor (mm) de cada una de las capas asfálticas o tratadas que componen el pavimento. Los subíndices 2 y 3 representan las capas granulares no tratadas
m_2, m_3	:coeficiente de drenaje de las capas no tratadas (bases y subbases granulares)
Z_R	:coeficiente estadístico que depende del nivel de confianza que se adopte
S_0	:desviación estándar del error combinado de todas las variables que intervienen en el modelo
M_R	:módulo resiliente del suelo de la subrasante (MPa)
p_i	:índice de serviciabilidad inicial
p_f	:índice de serviciabilidad final

El NE de esta ecuación es el NET o número estructural total requerido que se describe más adelante. Para efectos de diseño de pavimentos nuevos de asfalto la serviciabilidad inicial será de 4,2.

Los niveles de confiabilidad (R) en función de la demanda de tránsito y el error estándar combinado (S_0) en función del coeficiente de variación del suelo de fundación son los indicados en la tabla 3:

Tabla 3: (S_0) en función del coeficiente de variación del suelo

EE Solicitantes (millones)	Confiabilidad (%)	Z_R	S_0 en función del coeficiente variación de los suelos				
			15%	20%	30%	40%	50%
< 5	60	- 0,253	0,45	0,46	0,47	0,49	0,50
5 – 15	60 – 70	- 0,253 – 0,524	0,45	0,46	0,47	0,49	0,50
15 – 30	60 – 75	- 0,253 – 0,674	0,45	0,46	0,47	0,49	0,50
30 – 50	70 – 80	- 0,524 – 0,841	0,44	0,45	0,46	0,48	0,49
50 – 70	70 – 85	- 0,524 – 1,037	0,42	0,43	0,44	0,47	0,48
70 – 90	70 – 90	- 0,524 – 1,282	0,40	0,41	0,42	0,45	0,46

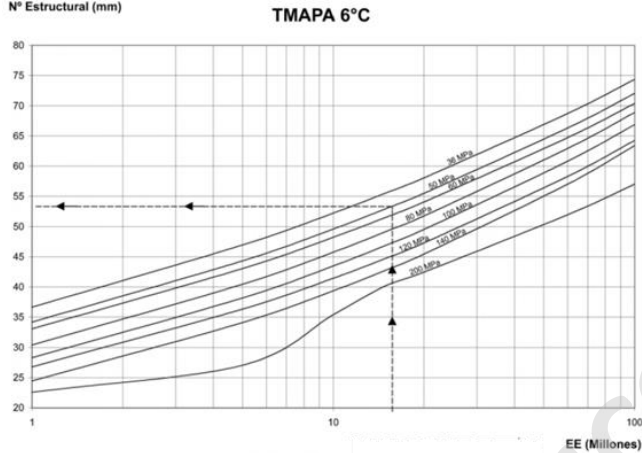
Fuente: (BITUMIX, 2019)

El módulo resiliente del suelo de fundación será aquel determinado según se detalla en el capítulo mecánica de suelos.

Un pavimento flexible es un sistema multicapa y, por lo tanto, debe diseñarse como tal. Esto implica, en primer lugar, una secuencia de capas que a partir de la subrasante contemple una subbase, una base y la o las capas asfálticas. El primer cálculo es determinar, mediante el algoritmo desarrollado por AASHTO, el número estructural (NET) que se requiere sobre la subrasante.

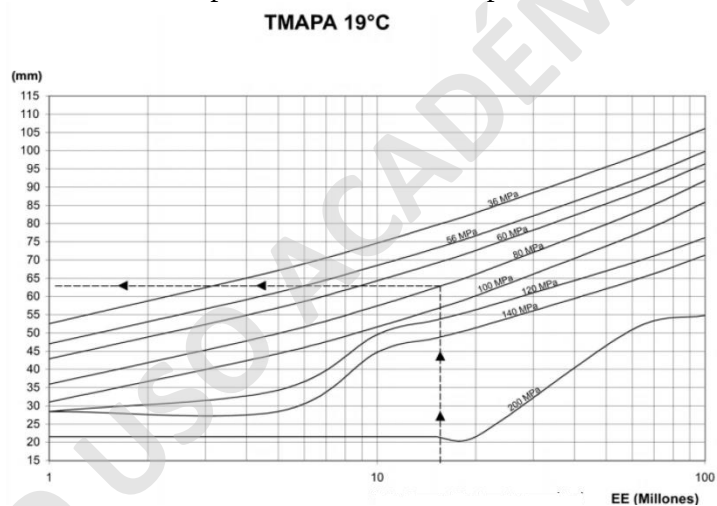
Enseguida, se establecen los espesores mínimos de capas asfálticas a colocar para que las tensiones que se generan no originen fallas en la subrasante ni en las propias capas asfálticas; para tales efectos se presentan Tablas y gráficos que permiten determinar el número estructural mínimo a colocar sobre la base (NEA), en función de las solicitaciones previstas (con factor de seguridad) y de la temperatura media anual ponderada del aire (TMAPA) del lugar donde se localiza la obra.

Gráfico 4: Temperatura media anual ponderada del aire



Fuente: (BITUMIX, 2019)

Gráfico 5: Temperatura media anual ponderada del aire



Fuente: (BITUMIX, 2019)

$$NE_A = \sum a_i \times h_{a_i}$$

En que ha es espesor de la capa de mezcla asfáltica

Luego se determina el espesor de capas granulares como la diferencia en el NET.

$$NE = NET - NE_A = \sum a_i \times h_{a_i} \times m_i$$

El número estructural para las capas no ligadas (subbases y bases granulares) se determina como la diferencia entre NET y NE_A .

La estructuración de las diferentes capas debe hacerse de manera que la suma de los productos de los espesores por sus correspondientes coeficientes estructurales satisfaga los números estructurales calculados. En que:

$a_1..a_n$: Coeficientes estructurales de las capas

m1..mn : Coeficientes de drenaje de las capas granulares.
El coeficiente de drenaje de las capas granulares será:

Tabla 4: Coeficiente de drenaje de las capas granulares

REGION	PRECIP.	BASE PERMEABLE	BASE : FINOS HASTA 10%		BASE: MAS 10% FINOS	
			SUBRAS. GRAN.	SUBRAS. FINOS	SUBRAS. GRAN.	SUBRAS. FINOS
IV	<= 100 mm	1,40 - 1,35	1,35 - 1,25	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,05
	> 100 mm	1,40 - 1,35	1,35 - 1,25	1,35 - 1,25	1,15 - 1,00	1,05 - 0,80
V a VI	<=150 mm	1,40 - 1,35	1,35 - 1,25	1,35 - 1,25	1,15 - 1,00	1,00
	> 150 mm	1,40 - 1,35	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,00	1,00 - 0,80
VII a IX	<= 350 mm	1,40 - 1,35	1,35 - 1,25	1,35 - 1,25	1,00	0,80
	> 350 mm	1,40 - 1,35	1,25 - 1,15	1,25 - 1,15	1,00-0,80	0,80
X	<= 1.500 mm	1,40 - 1,35	1,25 - 1,15	1,15	1,00-0,80	0,80 - 0,60
	> 1.500 mm	1,35 - 1,30	1,15 - 1,00	1,15 - 1,00	0,80	0,60
XI y XII	<= 500 mm	1,40 - 1,35	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,00	1,00 - 0,80
	> 500 mm	1,40 - 1,35	1,25 - 1,15	1,15	0,80	0,80

Base permeable: menos de 3% de finos y/o coeficiente de permeabilidad > 0,01 cm/s
Subras Gran.: subrasante granular, máximo 35% pasa tamiz de 0,08 mm
Subras Finos: subrasante de suelo fino.

Fuente: (BITUMIX, 2019)

Los coeficientes estructurales por capa serán:

Tabla 5: Coeficientes estructurales por capa

CAPA	CARACTERÍSTICAS	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
Subbase granular	CBR = 40%	0,12
Base granular	CBR = 80%	0,13
Base asfáltica graduación gruesa	6.000 N	0,33
Base Asfáltica graduación abierta		0,28
Grava-emulsión		0,30
Concreto asfáltico, capa intermedia	8.000 N	0,41
Concreto asfáltico de superficie	9.000 N	0,43
Mezclas drenantes		0,32
Microaglomerado discontinuo en caliente		0,40
Mezcla SMA (Stone Mastic Asphalt)		0,43

Fuente: (BITUMIX, 2019)

Sin embargo, es factible calcular este coeficiente en función de sus propiedades mecánicas:

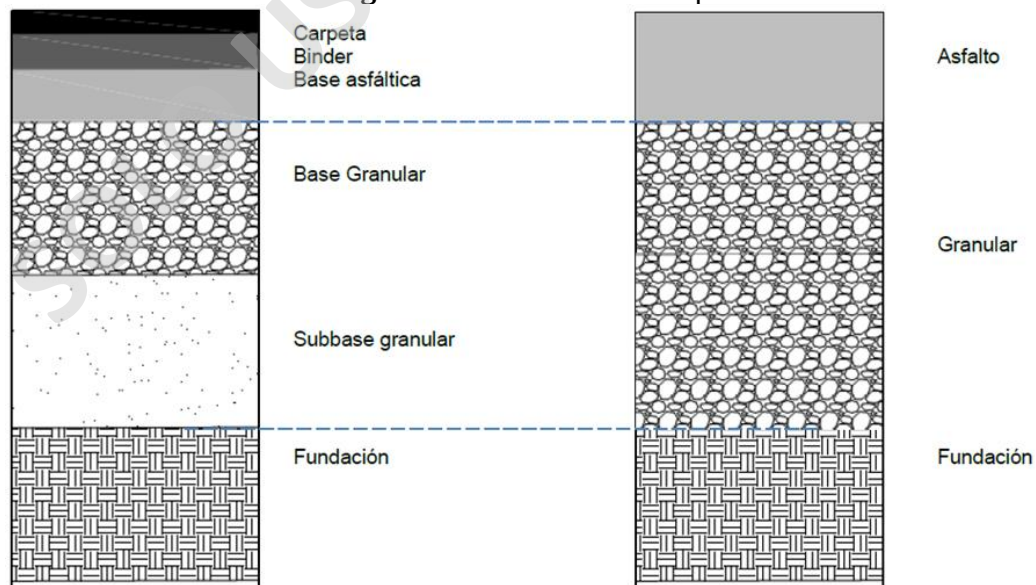
Tabla 6: Propiedades Mecánicas

Mezclas asfálticas	$a_1 = 0,0052 \cdot E^{0,555}$ E en MPa $a_1 = 0,0078 \cdot EM^{0,441}$ EM : Estabilidad Marshall en N
Bases y subbase granulares	Coeficiente estructural de bases granulares (a_2). $a_2 = 0,032 \cdot (CBR)^{0,32}$ Coeficiente estructural de subbases granulares (a_3). $a_3 = 0,058 \cdot (CBR)^{0,19}$
Bases y subbases tratadas	Coeficiente estructural de bases tratadas con cemento (a_2). $a_2 = 0,0918 \cdot (f_c)^{0,514}$ f_c : resistencia cilíndrica a la ruptura (MPa) Coeficiente estructural de bases tratadas con asfalto (a_2). $a_2 = 0,0074 \cdot (EM)^{0,415}$ EM en Newton(N)

Fuente: (BITUMIX, 2019)

Si bien los pavimentos asfálticos pueden describirse como una serie de capas de distintas características, para efectos de modelo, este se describe como un sistema de tres capas (Imagen 33). La primera conserva el espesor de todas las capas asfálticas y el módulo de la inferior, dado que es esta capa la que será sometida al esfuerzo de tracción mayor. La segunda capa será aquella que reúne los espesores de las capas granulares (Base y subbase). La tercera es el suelo de fundación, incluyendo sus mejoramientos.

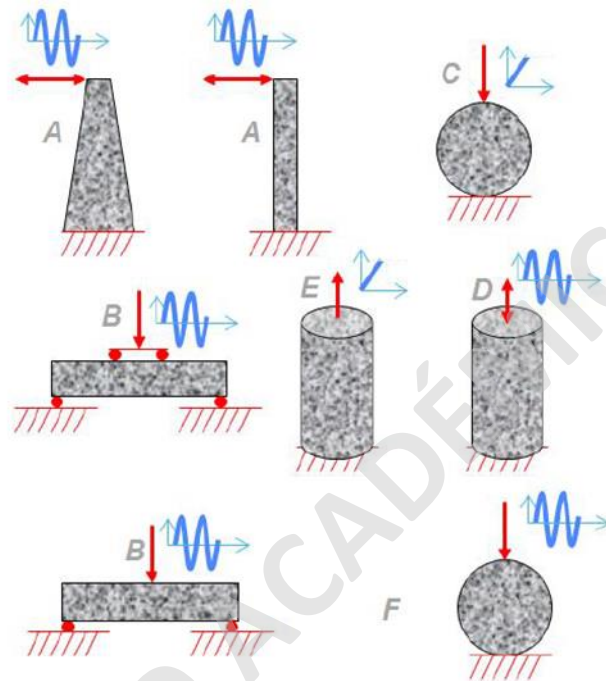
Imagen 33: Sistema de tres Capas



Fuente: (BITUMIX, 2019)

El módulo de la mezcla asfáltica es medible en laboratorio, sin embargo, existe una serie de ensayos que miden este parámetro como resultado de someter a diferentes probetas a diferentes tipos de carga, y a diferentes acondicionamientos (T°) (Imagen 34). esto lleva a que existan diferentes magnitudes de módulo según sea la norma utilizada.

Imagen 34: Magnitud de Módulos



Fuente: (BITUMIX, 2019)

Por otro lado, existen ecuaciones o nomogramas que permiten inferir cual será el módulo o rigidez de una mezcla asfáltica. El más utilizado es el método de SHEL, con él es posible determinar una predicción del módulo en función de las propiedades volumétricas de la mezcla y la rigidez del cemento asfáltico.

- **Método Mecanicista (Shell)**

El modelo mecanicista relaciona las propiedades mecánicas fundamentales de los materiales para calcular las tensiones a las que será sometida la estructura multicapa. Mediante herramientas de mecánica de sólidos y las siguientes hipótesis:

- Linealidad Elasticidad
- Isotropía
- Capas Semi- infinitas
- Homogeneidad

Las variables del sistema son:

- Materiales

- Módulo elasticidad
- Coeficiente Poisson
- Espesores
- Condiciones de carga
 - Magnitud
 - Geometría
 - Número

Se debe buscar la mejor representación del pavimento mediante la definición de las variables indicadas, en particular la carga será la que represente un eje estándar o eje equivalente. Una vez definido se busca calcular cuáles serán los puntos sometidos a mayores esfuerzos por esta carga y cuál será la magnitud de dicha carga.

Se sabe que el módulo de las capas granulares no es una constante ya que su comportamiento varía, como varía el confinamiento al que se sometan las probetas. Dicho de otra forma, el comportamiento de los materiales granulares depende del confinamiento al que estén sometidos.

Esto en definitiva se refleja en que el módulo elástico de una capa granular depende y está relacionado con el módulo elástico de la capa inferior ya que esta última es la que le da el grado de confinamiento.

Una relación muy sencilla fue establecida por SHELL para relacionar el módulo de la capa granular con el módulo de la fundación.

$$E_2 = K \times E_3$$

$$K = 0.2 \times h_2^{0.45} \quad 2 < k < 4$$

En relación con el Cálculo de tensiones y deformaciones del sistema multicapa descrito se realiza mediante programas de sistemas lineales elásticos o elementos finitos. Los programas requieren el ingreso de la configuración de cargas y la descripción de las capas (algunos sistemas son capaces de modelar más de una capa de asfalto y simular la existencia o no de liga entre capas)

Una vez calculadas la tensiones y deformaciones máximas en los puntos críticos, estas se utilizan en las llamadas ecuaciones de transferencia que asocian la tensión calculada en forma estática a ciclos de carga requeridos para fatigar la mezcla asfáltica o el suelo de fundación.

Estas ecuaciones son realizadas en laboratorio por lo cual los ciclos deducidos son ciclos de ensayo. Estos ciclos deben ser transformados a ciclos o pasadas de ejes equivalentes para lo cual se debe hacer necesariamente un estudio empírico de calibración que determine la proporción de los ciclos de laboratorio a los ciclos de ejes equivalentes, esto debiera ser el trabajo de cada agencia nacional para llevar la ecuación general a las condiciones locales de cada país.

La forma universal de las leyes de fatiga es:

$$N_f = \beta \times K_1 \times (1/\varepsilon)^{K_2} \times (1/E)^{K_3}$$

En que:

- N_f : Número de ciclos a la deformación ε que soporta
- β : Factor de calibración de ciclos de laboratorio a Ejes Equivalentes
- K_1, K_2, K_3 : Constantes de la ecuación de fatiga de laboratorio
- E : Módulo Elástico de la capa
- ε : Deformación unitaria máxima (de tracción horizontal en mezclas asfálticas y compresión vertical en capas no aglomeradas)

Para SHELL las constantes son:

Mezcla asfáltica:

β : 10

K_1 : $(0.856 \times V_b + 1.08)^5$

K_2 : 5

K_3 : 1.8

Siendo E expresado como Smix.

Aun cuando la misma expresión se conoce con la siguiente forma:

$$N_f = 10 \times \left(\frac{0.856 \times V_b + 1.08}{S_{mix}^{0.36} \times \varepsilon_t} \right)^5$$

Suelo de fundación:

β : 1

K_1 : 0.0284

K_2 : 4

K_3 : 0

Con lo que la expresión queda:

$$N_f = \left(\frac{0.028}{\varepsilon_c} \right)^4$$

4.2.2. Aplicación Mezclas Asfálticas en Chile

La modificación del asfalto es una técnica utilizada para mejorar la calidad de los cementos asfálticos utilizados en pavimentación. Consiste en la adición de polímeros a los asfaltos convencionales con el fin de mejorar las características de flexibilidad, durabilidad, adherencia, disminución de la susceptibilidad térmica, mejor comportamiento frente a la aplicación de cargas estáticas, disminución de la deformación plástica permanente y aumento de la resistencia a la fatiga.

A su vez aumenta la elasticidad disminuyendo el agrietamiento a bajas temperaturas. Estas ventajas permiten trabajar con mezclas asfálticas en caliente, en donde la calidad del ligante asfáltico tradicional no es suficiente para su óptimo desempeño en servicio.

4.2.2.1. Clasificación por Grado de Desempeño

Debido a estas modificaciones es que actualmente podemos encontrar gran variedad de mezclas asfálticas en el mercado, dispuestas a solucionar distintas problemáticas y a resistir a diversas condiciones, ya sean climáticas, de esfuerzo, tráfico, entre otras. Actualmente en Chile, se decide el cemento asfáltico dependiendo de su Grado de Desempeño.

El Grado de Desempeño de un cemento asfáltico forma parte de un sistema denominado SUPERPAVE (Superior Performance Pavements) que nace de las investigaciones desarrolladas en Estados Unidos en 1987 (Programa Estratégico de Investigación de Carreteras, SHRP). Este sistema incluye nuevas especificaciones para el cemento asfáltico, agregado y un nuevo método de diseño de mezclas asfálticas en caliente y un modelo de predicción del comportamiento de pavimentos asfálticos.

El Método está incorporado en las Especificaciones y Procedimientos de Ensayos del Volumen 8 de Manual de Carreteras. 8.301.8 Asfaltos: Especificaciones Superpave para ligantes Asfálticos, principalmente porque las metodologías actuales de control se basan de las características y propiedades de consistencia del material y no necesariamente del desempeño de este a las características del terreno.

El sistema entrega unos resultados reológicos que permiten clasificar un cemento asfáltico por Grado de Desempeño (PG). Esta clasificación permite cumplir con dos objetivos principales:

- Medir las propiedades reológicas que pueden ser relacionadas con parámetros de desempeño de terreno para tres fallas críticas: ahuellamiento, agrietamiento por fatiga y agrietamiento térmico.
- Caracteriza propiedades reológicas de los cementos asfálticos según las temperaturas y efectos del envejecimiento a los que estarán sometidos durante la construcción y toda su vida útil.

De acuerdo con este método los principales modos de falla de pavimentos asociados a cementos asfálticos son:

- Ahuellamiento (Deformación plástica). Ocurre inmediatamente después de construido el pavimento durante los primeros años en servicio y principalmente debido a altas temperaturas. Baja Velocidad de circulación, altas cargas.

- Fatiga (Piel de Cocodrilo). Ocurre los últimos años en servicio, ocurre a la temperatura de trabajo o temperaturas intermedia y puede acelerarse por altas cargas
- Agrietamiento Térmico. Ocurre los últimos años en servicio, principalmente por bajas Temperaturas y cargas rápidas.

Así para un proyecto en particular, se selecciona un cemento asfáltico apropiado a la zona en estudio de la siguiente manera:

- Para evitar ahuellamiento por alta temperatura, la temperatura de la muestra en laboratorio XX tiene que ser igual o superior a la temperatura de diseño IT dis.
- Para retrasar la fatiga, la temperatura intermedia de la muestra en laboratorio IT debe ser igual o menor que la temperatura de diseño IT dis, de manera de aplazar o tardar la aparición de fisuras en el material.
- Para prevenir el agrietamiento, la baja temperatura de la muestra en laboratorio YY debe ser igual o inferior a la temperatura de diseño BT dis, de manera que el material evitar o demorar la aparición de agrietamiento térmico

Así el grado del cemento asfáltico se expresa como sigue:

PG XX (IT) YY

O en caso de no reportar la temperatura intermedia:

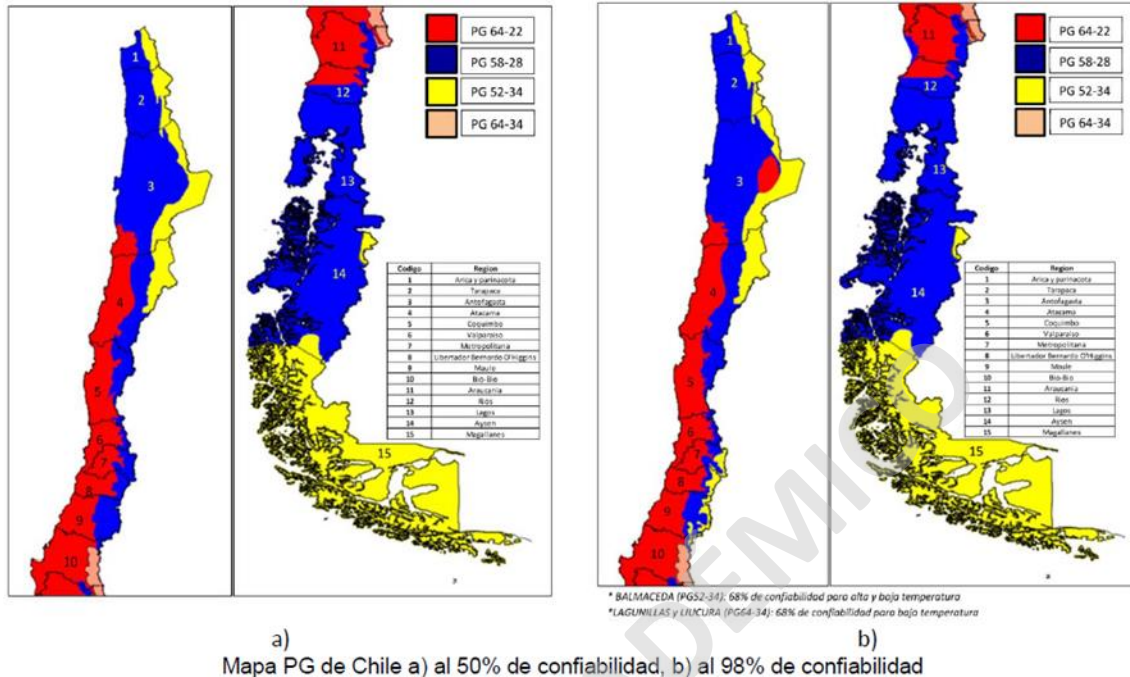
PG XX YY

Por lo tanto, para saber que asfalto se requiere para un proyecto es necesario conocer cuáles serán las temperaturas a las que será sometido el asfalto en servicio. Esto implica que se debe contar con un estudio climático del país y de acuerdo con este definir cuáles serán las temperaturas máximas, intermedias y mínimas según región y zona geográfica. Y con ellos especificar los asfaltos requeridos.

El Laboratorio Nacional de Vialidad (LNV) se encuentra en proceso de actualización de sus especificaciones de ligantes asfálticos en el corto plazo, la cual consiste en implementar el sistema de Clasificación por Desempeño (Performance Grade, PG) basado en AASHTO M320.

Como antecedente, ya existe un mapa de temperaturas que pueden ser aplicadas en sistema PG. Este mapa fue elaborado por la Universidad Federico Santa María, y ellos se indican en la Imagen 35.

Imagen 35: Mapa PG de Chile



Fuente: (BITUMIX, 2019)

Los mapas mencionados se utilizan para seleccionar ligantes asfálticos en condiciones normales de tráfico (hasta 3 millones de ejes equivalentes) y con velocidad de tráfico normal (70 km/h). Si se desea ajustar el requerimiento de asfalto para satisfacer otras condiciones de tráfico, existen técnicas señaladas en AASHTO M323. Por lo tanto, condiciones de tráfico de gran sollicitación como carreteras o vías internacionales, están consideradas en método de diseño Superpave de mezclas.

Con esta zonificación, se selecciona el grado del cemento asfáltico requerido por proyecto, es decir se especifica un cemento asfáltico en función de la zona climática de Chile. Luego los asfaltos a utilizar deberán cumplir con presentar temperaturas superiores a XX, y deben ser inferiores a YY para cumplir con la especificación.

4.2.2.2. Mezclas Disponibles en Mercado Chileno

Las siguientes mezclas pertenecen a una de la Constructoras de Pavimentos Asfálticos más importantes a nivel Nacional (Tabla 7).

- **MEZCLAS FUNCIONALES**
 - Viasaf: mezcla asfáltica anti-propagación de fisuras
 - Rugovia D: carpeta discontinua, espesor 4 cm
 - Rugovia MD: carpeta discontinua muy delgada, espesor 2,5 cm
 - Rugovia UD: mezcla discontinua ultradelgada, espesor < 2,5 cm

- MEZCLAS ESTRUCTURALES
 - Renovia: carpeta de alta resistencia a la fatiga
 - Rexovia: carpeta asfáltica anti-ahuellamiento
 - Rexovia I: carpeta antipunzonamiento (áreas industriales)
 - Renfovia: base asfáltica de alto módulo
- OTRAS MEZCLAS
 - Profilovia: mezcla para nivelaciones
 - Mezclas para impermeabilizaciones
 - Mezclas Tibias: mezclas producidas con reducción de temperatura
 - Mezcla Roja 0/6: mezcla de color especialmente adaptada para ciclo vías, veredas y canchas deportivas
 - Mezcla Roja 0/12: mezcla de color diseñada para requerimientos de vías de tránsito liviano, como ciclo vías, cruces y veredas anchas

Tabla 7: Gama de Productos de Bitumix S.A., disponibles

	Producto	Características	Área Responsable o	Motivo
1	Viaprime	Emulsión para imprimación	Probisa	
2	Emulclean	Emulsión Limpia para Riego de Liga	CDI	
3	Ligante R	Asfalto modificado con resinas 20/30	CDI	
4	Ligante RI	Asfalto modificado con resinas 10/20	CDI	
5	Polybit 35/50	Asfalto modificado con elastómeros, alto desempeño	CDI	
6	Viasaf	Mezcla anti fisuras	CDI	Mezcla Funcional
7	Profilovia	Mezcla para nivelaciones	CDI	Mezcla Reparación
8	Rugovia MD	Mezcla asfáltica discontinua, espesor 2,5 cm	CDI	Mezcla Funcional
9	Rugovia UD	Mezcla asfáltica discontinua, espesor < 2,5 cm	CDI	Mezcla Funcional
10	Renovia	Carpeta de alta resistencia a la fatiga	CDI	Mezcla Estructural
11	Rexovia	Carpeta asfáltica anti ahuellamiento	CDI	Estructural/Funcional
12	Rexovia I	Carpeta asfáltica anti punzonamiento	CDI	Estructural/Funcional
13	Modulovia	Carpeta Asfáltica alto módulo	CDI	Estructural/Funcional
14	Renfovia	Base Asfáltica alto módulo	CDI	Mezcla Estructural
15	Mezclas Con RAP		Plantas	Sustentabilidad

Fuente: (BITUMIX, 2019)

4.3. Maquinaria

Para la ejecución de una calzada se utilizan maquinarias de distintas proporciones, entre ellas las más utilizadas son las siguientes:

- **Motoniveladora:** Es utilizada, como su nombre lo dice, para realizar trabajos de nivelación de terrenos. Se compone de un tractor sobre ruedas y una cuchilla de perfil curvo que descansa en un tren delantero también con ruedas. Puede perfilar taludes en terraplenes y desmontes, así como también cunetas de caminos, con el grado de inclinación que se necesite, ya que la cuchilla central puede inclinarse a derecha o izquierda, verticalmente casi a 90 grados y girar horizontalmente. Es una de las maquinas más completas debido a sus múltiples funciones por lo que su manejo

requiere de un alto grado de especialización. Se utiliza en la preparación inicial del terreno.

Imagen 36: Motoniveladora



Fuente: (Catalogo de Equipos Caterpillar, 2018)

- **Cargador Frontal:** Consiste en un tractor sobre orugas o neumáticos equipado de una cuchara cuyo movimiento de elevación se logra mediante dos brazos laterales articulados. Es un equipo muy versátil por su gran movilidad y maniobrabilidad. Se utiliza, sobre todo, en el movimiento de tierras durante la preparación del terreno y en la carga de camiones. Dependiendo del tipo de terreno en el que será utilizado se determina el tipo de rueda, ya que en terrenos blandos la oruga tiene mejor funcionalidad que los neumáticos, debido a que distribuye de mejor manera las cargas que traspasa al terreno.

Imagen 38: Cargador Frontal Oruga



Imagen 37: Cargador Frontal Neumático



Fuente: (Catalogo de Equipos Caterpillar, 2018)

- **Excavadora:** Esta formada por una gran pala para mecánica montada sobre un vehículo de gran potencia que posee ruedas oruga. Excavan de abajo hacia arriba. No requiere estabilizarse para realizar un orificio, es una máquina con gran potencia y capacidad de excavación ya que sus dimensiones se lo permiten. Su estructura es capaz de girar en 360 grados para excavar terrenos o bien para la carga y descarga de

material. Es usada frecuentemente en el proceso de preparación del terreno para excavación de rocas y tierra.

Imagen 39: Excavadora



Fuente: (Catalogo de Equipos Caterpillar, 2018)

- **Retroexcavadora:** Es una de las maquinas más versátiles en el área de construcción y de obras viales, en lo que se refiere a movimiento de tierra y traslado de materiales. Se desplaza sobre neumáticos y al momento de iniciar una obra se debe estabilizar primero la máquina. Excavan de arriba hacia abajo, habiendo movimiento de retroceso. Son generalmente más pequeñas que las excavadoras, y como tales son más versátiles. Destinada al movimiento de tierras, realización de rampas en predios, o para abrir surcos destinados al peso de tuberías, cables, drenajes, entre otros.

Imagen 40:Retroexcavadora



Fuente: (Catalogo de Equipos Caterpillar, 2018)

- **Rodillo Tándem o Compactador Liso:** Maquinaria autopropulsada utilizada para compactar capas de tierra que se caracteriza por estar compuesto de uno o dos cilindros metálicos lisos que actúa como elemento de compactación y en el caso de los que presentan solo un cilindro también consta de dos neumáticos traseros de

tracción. Se fabrican de diversos tamaños con pesos que varían de 1 a 18 toneladas. Este equipo puede ser utilizado tanto en la preparación de terreno como en la ejecución de la carpeta asfáltica

Imagen 41: Rodillo Compactador Liso



Fuente: (Catalogo de Equipos Caterpillar, 2018)

- **Rodillo Compactador Manual:** Es un equipo compuesto principalmente por uno o dos cilindros metálicos de propulsión mecánica y un brazo de guiado. Destinado al compactado de pequeñas superficies o zonas de difícil acceso a los cuales no puede acceder otro tipo de rodillo por sus dimensiones. Los equipos que posee tanto de desplazamiento, dirección, frenado y vibración están dispuestos de manera que la maquina pueda ser guiado por un operario.

Imagen 42: Rodillo Compactador Manual



Fuente: (Catalogo de Equipos Emaresa, 2018)

- **Rodillo Vibro Compactador:** Su rodillo es provisto de un movimiento excéntrico en el interior de cilindro que le proporciona un movimiento vibratorio, al igual que el rodillo liso puede ser de uno o dos tambores. De acuerdo con el tipo de material se puede graduar la amplitud y frecuencia de vibración. Al igual que el rodillo compactador liso se fabrican de diversos tamaños con pesos que varían de 1 a 18 toneladas. Puede usarse para la compactación de suelos granulares con tamaños de partículas que van desde grandes fracciones rocosas hasta arena fina.

Imagen 43: Rodillo Vibro Compactador



Fuente: (Catalogo de Equipos Caterpillar, 2018)

- **Rodillo Compactador Pata de Cabra:** Este tipo de rodillo consta de un cilindro hueco. En cuya superficie van montados pisones de sección prismática que se asemejan en su forma a las patas de una cabra. Este rodillo al ser hueco debe ser lastrados con arena u otro material para aumentar su peso. Se usa preferentemente en la compactación de suelos cohesivos, formados por partículas finas. Para que la compactación sea óptima, el espesor de la capa a compactar debe ser igual a la altura de los pisones.

Imagen 44: Rodillo Compactador Pata de Cabra



Fuente: (Catalogo de Equipos Caterpillar, 2018)

- **Rodillo Neumático:** Es una maquinaria que dispone de un número impar de llantas que puede ser 7, 9 u 11 montadas en dos ejes, Las llantas están colocadas de tal manera que las traseras cubren los espacios no compactados por las delanteras. Tienen pesos que varían de 6 a 24 toneladas o más. El principal uso de este equipo es en construcción de carpetas asfálticas, capas base y subbase estabilizadas, capas granulares, donde su efecto resulta superior al de otro tipo de compactadores, ya que puede conseguir un perfecto cierre de poros y superficies uniformes libres de defectos.

Imagen 45: Rodillo Neumático



Fuente: (Catalogo de Equipos Caterpillar, 2018)

- **Camión Tolva:** El camión tolva fue diseñado para minimizar el tiempo de transporte de material en el proceso constructivo. Está conformado por una cabina en la cual va el conductor y una gran caja o deposito, se caracteriza por ser grande y potente, pero principalmente por tener la capacidad de poder levantar la caja o deposito mediante un sistema hidráulico para volcar su contenido. Está destinado al transporte de carga pesada por carretera, ya sea material con dirección a la obra o escombros y desechos provenientes de esta. En la construcción de calzada asfálticas es también el encargado de transportar el asfalto de la planta hasta la obra.

Imagen 46: Camión Tolva



Fuente: (Autocosmos.com, 2018)

- **Pavimentadora o Terminadora:** En una máquina que logra distribuir y darle forma la carpeta asfáltica. La mayoría son de acero y se componen por tolva en la parte delantera y donde se vacía el asfalto. Su sistema de transporte ayuda a moverse y expandir el material de manera pareja y continua. Cuenta con transmisiones hidráulicas, controles, ruedas motrices y orugas, transportadores comederos y los tornillos transportadores. Es esta maquinaria la que permite definir el espesor y ancho de la carpeta asfáltica que será ejecutada.

Imagen 47: Pavimentadora



Fuente: (Catalogo de Equipos Caterpillar, 2018)

- **Camión aljibe o cisterna:** Este camión cuenta con un recipiente denominado cisterna, destinado para el transporte de líquidos, principalmente agua. Sus capacidades son variables dependiendo del tamaño de la cisterna. Cuenta con regadores ubicados en la parte inferior final del camión y con un sistema computarizado que permite regular la cantidad de agua expulsada por los regadores. Su uso en trabajos de construcción de calzadas consiste en humedecer el terreno en el proceso de compactación que se lleva a cabo en la preparación de la subrasante y las bases.

Imagen 48: Camión Aljibe



Fuente: (Autocosmos.com, 2018)

- **Placa Compactadora:** Es una compactadora manual que cuenta con una placa vibratoria, un asa para maniobrar y un estanque de agua. Diseñada para la compactación de materiales granulares y materiales levemente cohesivos. Este tipo de compactadoras son utilizadas en trabajos menores, en los cuales no es posible ni rentable usar una de mayor tamaño, también se utiliza para realizar las terminaciones en trabajos mayores, como bordes o juntas con material rígido, esto debido a que al ser compactado con una maquinaria mayor podría causar daños a estos materiales existentes.

Imagen 49: Placa Compactadora



Fuente: (Madisa Cat, 2018)

- **Regadoras de Asfalto:** Las regadoras de asfalto son camiones que al igual que los camiones aljibe cuentan con una cisterna y con regadores en su parte posterior para la aplicación de capas de imprimación o fijación sobre una superficie con el fin de prepararla para la pavimentación. Esta imprimación se realiza una vez el terreno se encuentre listo para la aplicación de la carpeta asfáltica con un ligante específico según las características del terreno para que así la carpeta se adhiera de manera correcta al terreno y cumpliendo también la función de aislante de humedad.

Imagen 50: Regadora de Asfalto



Fuente: (Amperio, 2018)

- **Barredora Industrial:** Esta maquinaria como su nombre lo indica, tiene como principal función barrer superficies de diversos tipos, en la construcción de calzadas asfálticas se usa principalmente cuando se asfalta sobre una superficie ya pavimentada, siendo esta existente o una capa nueva que forma parte de la carpeta asfáltica, es decir barrido entre capas. Esta máquina cuenta con un sistema de recogida de residuos, tanto grueso como polvo más fino, que consta de uno o más cepillos laterales que conducen los residuos hacia el centro de la máquina, donde un cepillo central lo recoge y lo introduce en un contenedor que este posee en su parte inferior.

Imagen 51: Barredora Industrial



Fuente: (Coro Market, 2018)

- **Minicargador:** Si bien esta máquina está diseñada para el movimiento de tierra y escombros, cumple diversas funciones a la hora de la construcción de una carpeta asfáltica. A pesar de su reducido tamaño en comparación con otras maquinarias utilizadas en este tipo de obras, es una de las más versátiles, esto se debe a que cuenta con dos palancas manuales que permite despintar la pala y colocar otra herramienta como horquillas, martillo percutor e incluso un kit barredor que le permite desempeñar las funciones de una barredora industrial.

Imagen 52: Minicargador



Fuente: (Catalogo de Equipos Caterpillar, 2018)

- **Martillo Mecánico:** Esta máquina de uso manual, está orientada para picar y demoler. Su funcionamiento se produce gracias a una tecnología electroneumática, la cual funciona mediante un motor eléctrico que posee en su interior, moviendo un pistón comprimiendo una cavidad de aire, esto genera un impacto sobre un cincel acoplado a la herramienta y este a su vez produce un efecto de martillo sobre la superficie que se busca romper. En la construcción de calzadas asfálticas puede ser usado antes y después de la colocación de la carpeta, ya que puede usarse para la demolición en la preparación del terreno y luego en las terminaciones, sobre todo en la instalación de señaléticas, realizando con esta máquina las perforaciones para la instalación de estas.

Imagen 53: Martillo Mecánico



Fuente: (Makita, 2018)

- **Cortadora de pavimento:** Tal y como lo indica su nombre, esta máquina es utilizada para generar cortes en pavimentos ya ejecutados. Esta máquina se compone de una estructura base, la cual posee un estanque de combustible, este abastece al motor encargado de poner en marcha la maquina produciendo el movimiento rotatorio de un disco metálico abrasivo ubicado en la parte inferior de la máquina, encargado de producir el corte. Es utilizado para cortes de empalme, juntas de dilatación (en casos de hormigón), terminaciones, entre otros.

Imagen 54: Cortadora de pavimento



Fuente: (Tracsa, 2018)

4.4. Procesos Constructivos

El inicio de toda obra radica en conocer y estudiar en que consiste el proyecto, conocer principalmente sus características, emplazamiento, dimensiones, requerimientos, especificaciones, riesgos, entre otros.

Luego de haber estudiado el proyecto se realiza un reconocimiento del terreno en el cual se llevará a cabo, conocer en qué condiciones se encuentra el entorno, a que posibles riesgos pueden estar expuestos tanto el proyecto como quienes trabajan en él y que medidas se pueden implementar para evitarlos.

Otro factor relacionado al terreno es conocer las dimensiones del trabajo que se va a realizar, realizar un levantamiento topográfico, para establecer las cotas, trazar el emplazamiento de la calzada (Imagen 55) y además poder corroborar las dimensiones expuestas en el proyecto, así evitar la falta o el sobreconsumo del material y recursos en general.

Imagen 55: Trazado de Calzada



Fuente: (Carrasco, 2018)

Una vez iniciados los trabajos, el movimiento de tierras es el primero en hacerse presente (Imagen 56), de ser necesario se realizan demoliciones y remoción de las obras y estructuras existentes en el área de trabajo, dependiendo del espesor de la carpeta asfáltica o del estado y calidad del terreno, en ocasiones solo es necesario realizar excavaciones superficiales, así como en otros casos se debe excavar para encontrar suelo óptimo que cumpla con las especificaciones para realizar la construcción de la calzada asfáltica.

Imagen 56: Movimiento de Tierra



Fuente: (Carrasco, 2018)

Para poder realizar un asfaltado de calidad, es necesario realizarlo sobre un terreno en buenas condiciones, firme, uniforme, sin nidos de piedra, con las densidades adecuadas, con las cotas requeridas, entre otros, para esto se retira el terreno en mal estado ya sea materias orgánicas, arena, suelo saturado por el agua, rocas, entre otros.

Una vez terminado esta etapa de extracción, se comienza el proceso de relleno con una subbase y/o base, las cuales se colocan por capas, compactándolas entre colocación para adquirir la densidad necesaria, además el terreno debe quedar con los espesores requeridos, este proceso se lleva a cabo tanto en la terminación de subrasante como en los trabajos posteriores.

4.4.1. Subrasante

“La subrasante es la superficie sobre la cual se apoya la estructura de un pavimento” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018), la ejecución de la subrasante dependerá de las condiciones en que se encuentre el terreno en el cual se emplazará el proyecto, para ello se llevarán a cabo diversos trabajos de movimiento de tierra para preparar el terreno, todos ellos según las especificaciones tanto del Manual de Carreteras como del Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación, en ocasiones bastará con un escarpe mientras que en otras se deberá realizar demolición y excavación (Imagen 57).

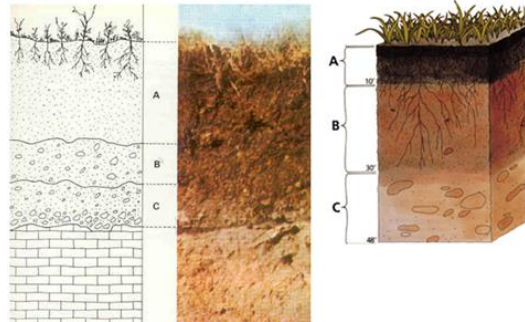
Imagen 57: Demolición y Excavación



Fuente: (Cisneros, 2019)

En primer lugar, se realizarán estudios de mecánica de suelo con la finalidad de determinar el estado y calidad del terreno, mediante este se podrá determinar si existe la presencia de rocas, terreno vegetal, napas subterráneas, entre otros (Imagen 58). Una vez en conocimiento de esta información se puede comenzar con la ejecución de la subrasante tomando las precauciones necesarias.

Imagen 58:Calicata Para Mecánica de Suelos



Fuente: (Vera, 2019)

La finalidad de este proceso es conseguir que la subrasante cumpla con las cotas especificadas en el proyecto, por lo cual, dependiendo del perfil natural del terreno, en ocasiones será necesario rebajar las cotas y en otras elevarlas. Cuando sea necesario rebajar estas cotas, se realizarán movimientos de tierra como cortes y excavaciones, estos trabajos son realizados con motoniveladoras y excavadoras o retroexcavadoras (Imagen 59).

Imagen 59: Preparación Subrasante



Fuente: (Ingenieros S.A, 2019)

En cuyos terrenos donde el material extraído sea de buena calidad, según el estudio de mecánica de suelo realizado, este podrá ser reutilizado en trabajos de relleno (Imagen 60), de no ser así el material será trasladado en camiones tolva a un botadero autorizado.

Imagen 60: Relleno de Terreno



Fuente: (Julioade, 2019)

Existen ocasiones en donde las excavaciones pueden llegar a ser más invasivas, llegando a requerir detonaciones y equipos pesados, en este caso “se deberá contar con permisos necesarios para ejecutar las labores de manera segura. En estos casos es importante informar adecuadamente a la comunidad de las realizaciones de dichas faenas, horarios, plazos, impactos, entre otros.” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)

En aquellas ocasiones en las cuales al llegar a la cota requerida se encuentre con material inadecuado se deberá seguir excavando hasta encontrar un material estable que cumpla con las especificaciones y desde ahí se comenzara a rellenar con material adecuado (Imagen 61), este relleno se realizara por capas compactadas entre sí, para lo cual se podrá utilizar rodillo compactador pata de cabra y/o rodillo compactador liso, de la mano de un camión aljibe que estará encargado de humedecer levemente estas capas para alcanzar una mejor y correcta compactación.

Imagen 61: Presencia de Material Inadecuado



Fuente: (Cáceres, Registro personal, 2016)

En ocasiones existirán terrenos en los cuales el perfil natural coincide con lo especificado en el proyecto, sin embargo, se deberá realizar de igual forma una excavación, siendo esta de carácter superficial denominada escarpe (Imagen 62), esta consiste en “la extracción y retiro de la capa superficial del suelo natural, constituido por terreno vegetal, en aquellas áreas donde se apoyarán nuevos terraplenes o ensanches de terraplenes existentes.

Asimismo, se removerá el suelo vegetal de los taludes existentes a ensanchar y de otras áreas señaladas en el Proyecto.” (MOP-DGOP-Dirección de Vialidad, 2015). La realización de esta tarea se lleva a cabo con una retroexcavadora o motoniveladora considerando escarpe hasta los 0,4 m de profundidad, de sobrepasar este espesor, será considerado retiro de material inadecuado.

Imagen 62: Escarpe

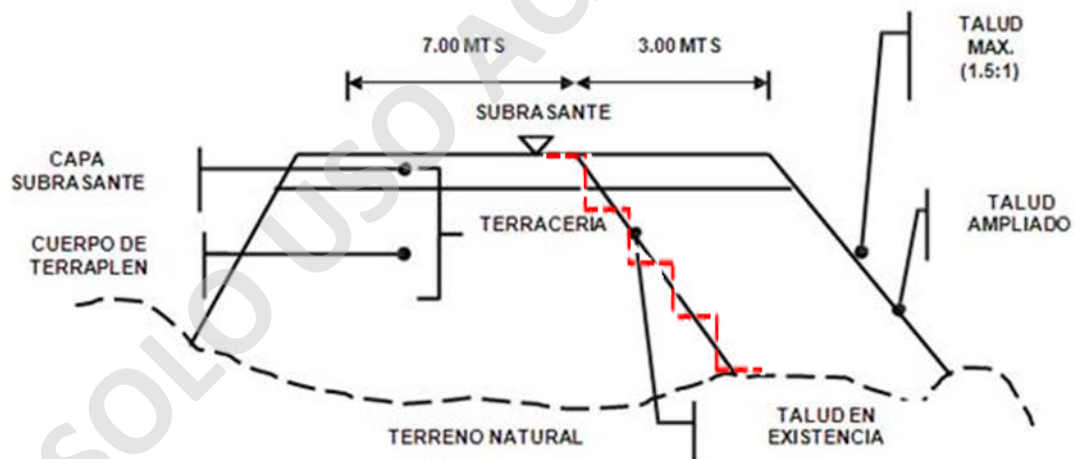


Fuente: (Ing. Civil, 2019)

El resultado del escarpe al ser terreno vegetal es considerado como desecho y debe ser trasladado a un botadero autorizado.

En los casos que se deban elevar las cotas se construirán terraplenes (Imagen 63), los cuales serán suelos no clasificados como roca, según lo indica el Manual de Carreteras volumen 5.

Imagen 63: Corte Terraplén



Fuente: (Carlos, 2019)

Para iniciar la construcción de un terraplén, lo primero que se debe ejecutar es el retiro y extracción de todo el material inadecuado hasta la profundidad que indique los planos, en el caso que se encuentre sobre un terreno firme existente, se efectuará la escarificación y compactación debida. En las zonas donde se necesite realizar ensanche o recrecimiento de terraplenes antiguos, deberá prepararlos a efectos de lograr la unión con el nuevo.

Se realizará un terraplén de ensayo en la zona de obras para definir el equipo, el espesor de la capa y la cantidad de pasadas de rodillo para cada material. El terraplén se comienza por la cota más baja.

Se realiza el vertido del material en montones calculando la distancia para que no se mezclen, todo esto para que el extendido tenga el espesor necesario. Se va extendiendo en capas cuidando que el espesor se mantenga para darle la compactación en toda la profundidad (Imagen 64). Verificar que la capa superior tenga la pendiente necesaria para la evacuación del agua sin que se erosione.

Imagen 64: Extensión de Capas Terraplén



Fuente: (Derpet, 2019)

Se humedecerá la superficie agregando agua hasta que se tenga la densidad necesaria, realizando el oreo del material por escarificado o mezcla con otro material más seco. Luego se procede a realizar la compactación mecánica (Imagen 65), pasando el rodillo la cantidad de veces que sea necesario hasta obtener una densidad superior a la obtenida en el ensayo Proctor especificado en el proyecto.

Imagen 65: Compactación

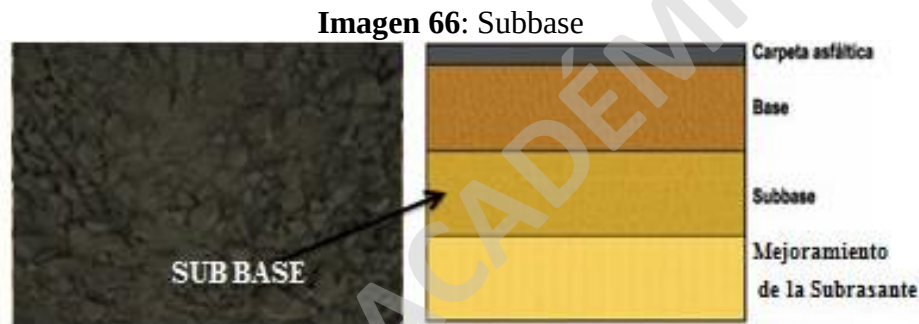


Fuente: (Cáceres, Registro personal, 2016)

En proximidad a obras de fábrica o en zonas reducidas, deberá compactarse con los medios adecuados a cada caso, logrando que las densidades no sean menores que cuando se usan equipos pesados. En el caso en que se utilicen rodillos vibrantes, deberá finalizar la compactación con las últimas pasadas sin vibrar, para dejar la superficie regularizada y sellarla.

4.4.2. Subbase

“La subbase de pavimentos es la capa de agregados pétreos, convenientemente graduados y compactados, que cumplen las especificaciones técnicas generales y especiales del proyecto, colocada sobre la subrasante ya preparada y recepcionada conforme” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018) (Imagen 66), el material utilizado en la confección de la subbase podrá ser áridos de graduación cerrada o de graduación abierta, siendo este último utilizado en sectores que sufran frecuentes ciclos de hielo – deshielo.



Fuente: (Wpadmin, 2015)

El inicio de los trabajos para la colocación de la subbase solo comenzará una vez que la subrasante haya sido terminada y recepcionada de manera conforme. La subbase granular debidamente preparada, se extienda sobre la subrasante de la vía, mediante equipos distribuidores autopropulsados (Imagen 67), de manera que quede el material listo para ser compactado, sin necesidad de mayor manipulación para obtener el espesor, ancho y bombeo especificado.

Imagen 67: Extensión de Subbase



Fuente: (Wpadmin, 2015)

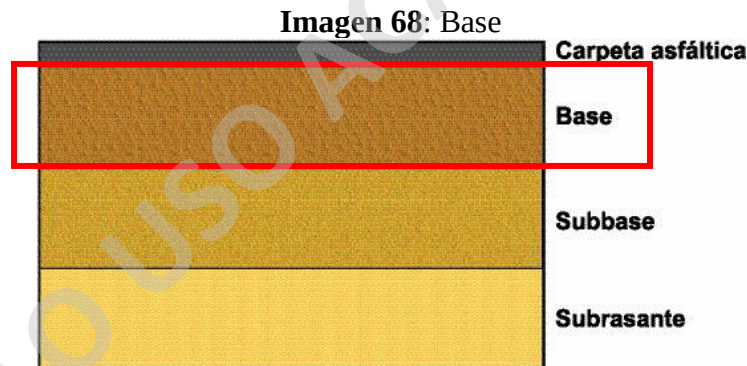
Alternativamente, el material puede transportarse y depositarse sobre la subrasante, formando pilas que den un volumen adecuado para obtener el espesor, ancho y bombeo especificado. En este último caso, los materiales apilados se mezclan por medios mecánicos hasta obtener la homogeneidad y humedad necesarias, tras lo cual se extienden uniformemente.

Se aplique agua en forma uniforme y controlada en todo el ancho y longitud de la zona a trabajar. La subbase se construye por capas de espesor compactado no superior a 0,30 m ni inferior a 0,12 m. Espesores superiores a 0,30 m, se extienden y compactan en capas. El material extendido, al ser de una granulometría uniforme, no presenta bolsones o nidos de materiales finos o gruesos.

La subbase se compactará hasta obtener una densidad no inferior al 95% de la D.M.C.S para poder así ser recepcionada con conformidad.

4.4.3. Base

“Se define como base a la capa de agregados pétreos compactados bien graduados y provenientes de un proceso de producción mecanizada de trituración y selección y que puede incorporar o no, un agente estabilizador. La capa de base se construye sobre la subbase y sobre ella se construye la carpeta de rodado” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018). (Imagen 68)



Fuente: (Wpadmin, 2015)

“El Constructor debe demostrar que para la obra se verifica que:

- La confección de la base se ejecute en plantas procesadoras fijas o móviles, que aseguren la obtención de material que cumpla con los requisitos establecidos.
- El material se acopie en canchas habilitadas especialmente para este efecto, de manera que no se produzca contaminación ni segregación de los materiales.
- La base granular debidamente preparada, se extienda sobre la plataforma de la vía, mediante equipos distribuidores autopropulsados, quedando así el material listo para ser compactado, sin necesidad de mayor manipulación, para obtener el espesor, ancho y bombeo deseado.

Alternativamente, el material puede transportarse y depositarse sobre la plataforma de la vía, formando pilas que den un volumen adecuado para obtener el espesor, ancho y bombeo especificado. En este último caso, los materiales apilados se mezclan por medios mecánicos hasta obtener la homogeneidad y humedad necesaria, tras lo cual se extienden uniformemente.

- Se aplica agua en forma uniforme y controlada en todo el ancho y longitud de la zona a trabajar (el equipo de riego tiene corte de riego controlado y absoluto, cualquier equipo que no cumpla esta condición se retira de la obra). (Imagen 69)

Imagen 69: Humectación de Terreno



Fuente: (AloRental, 2019)

- La base se construye por capas de espesor compactado no superior a 0,30 m ni inferior a 0,15 m. Espesores superiores a 0,30 m, se extienden y compactan en capas. El material que se extiende es de una granulometría uniforme, por lo que no presenta bolsones o nidos de materiales finos o gruesos.

- Si la subbase es de igual calidad que la base, la recepción se hace en forma independiente, es decir, por separado base y subbase.” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018).

“En zonas donde las bases estarán sometidas a ciclos de heladas, se deberán cumplir las siguientes recomendaciones:

- A. Se exige para el material que pase por el tamiz 0,5 mm (ASTM N° 40), que el límite inferior sea de 0% y que por el tamiz 0,08 mm (ASTM N° 200), el porcentaje que pasa esté comprendido entre 0% y 5%.

- B. Para la desintegración por sulfato de sodio, según NCh 1328, el porcentaje medio ponderado debe ser de 12% máx.” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)

Para finalizar la colocación de la base, se compacta con un rodillo liso (Imagen 70) de manera uniforme y continua, resultando de esto una superficie estable y lisa (Imagen 71), lista para la colocación del riego y la carpeta asfáltica.

Imagen 71: Compactación de Base



Imagen 70: Base Compactada

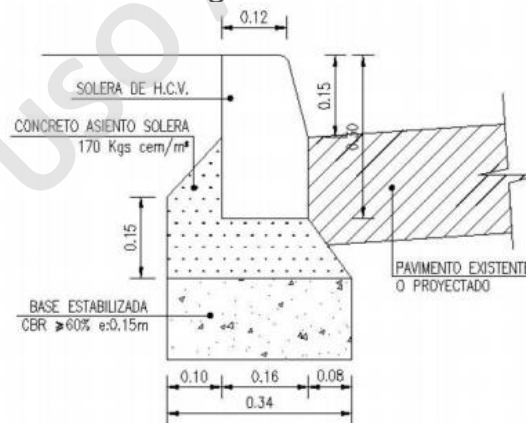


Fuente: (Cáceres, Registro personal, 2016)

4.4.4. Colocación de Soleras

Si bien el orden de colocación no está definido estrictamente, normalmente son colocadas sobre la base o subbase granular que servirá también de apoyo para la estructura del pavimento. Las soleras se colocarán sobre un terreno apto, debidamente preparado para su sostenimiento, confinado con concreto para pega de soleras, tal como se muestra en la Imagen 72. Pueden ser colocadas antes de la base e incluso después de la carpeta asfáltica, esto dependerá de las condiciones de cada obra.

Imagen 72: Solera



Fuente: (MINVU, 2019)

El tipo de solera a emplear será el definido en el Proyecto. Las soleras prefabricadas deberán tener como máximo 1 m de longitud. Las soleras una vez instaladas no podrán presentar desconches ni desprendimiento de borde. En caso de detectarse este tipo de daño, la Inspección rechazará toda la partida llegada a la obra, o todo el tramo realizado en sitio con esos defectos.

Para la preparación del terreno se deberá verificar que el sustrato de sostenimiento haya sido preparado según las especificaciones técnicas del proyecto. En caso de ser necesario, para ajustar niveles de rasante de término de la altura de las soleras, se realizará una excavación en el terreno para disponer las soleras. En este caso, se sugiere que la excavación tenga un ancho mínimo de 34 cm para las soleras tipo A y de 30 cm para las de tipo B y C. Se requiere que la profundidad sea la necesaria para que la cara superior de las soleras quede al nivel especificado en los planos.

El fondo de la excavación requiere presentar una superficie compactada, pareja y limpia de materiales sueltos, basuras, escombros, materia orgánica o restos vegetales.

Se realizarán las excavaciones necesarias para dar cabida a las soleras hasta cota de fundación, excavación que se realizará con los alineamientos definitivos de proyecto mediante estacado. Luego de realizada la excavación y una vez chequeada la cota de sello, se compactará, hasta alcanzar como mínimo el 95% de la D.M.C.S.

Se debe humedecer ligeramente la excavación y colocar sobre ella, una capa de base estabilizada y luego, una capa de hormigón con 10 cm de espesor mínimo. La solera se debe colocar sobre la capa de hormigón fresco y se alinea según la dirección del eje de la calzada, o la que se indique en los planos (Imagen 73).

Imagen 73: Instalación de Soleras

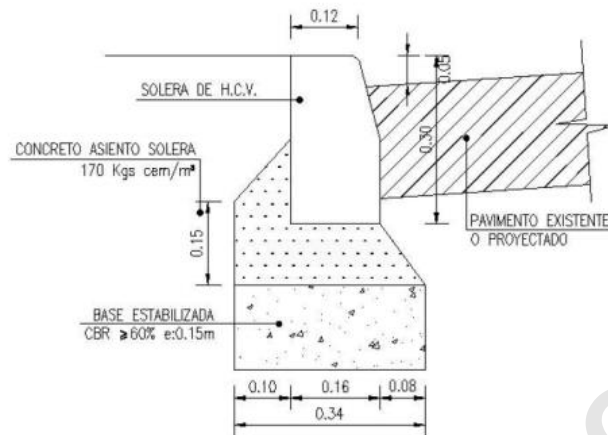


Fuente: (Carrasco, 2018)

Se debe verificar los niveles y pendientes, tomando en consideración que la arista formada por la interacción de la cara inclinada y la cara vertical coincidan con el borde superior de la calzada.

Las caras expuestas y las líneas superiores de las soleras tipo "A" y "B", deberán ajustarse a las alineaciones y cotas indicadas en el Proyecto, debiendo sobresalir 0,15 m de la superficie adyacente del camino (Imagen 72). A menos que se trate de una solera rebajada por acceso vehicular, en cuyo caso la solera deberá sobresalir 0,05m (Imagen 74).

Imagen 74: Solera Rebajada



Fuente: (MINVU, 2019)

Para verificar el alineamiento de los elementos se utilizará una regla recta de mínimo 3,0 m de longitud, la que se colocará traslapando las uniones de los elementos, tanto en la cara superior como aproximadamente en la mitad de la cara lateral expuesta. Ningún punto de esas superficies deberá estar por debajo de 3 mm del borde de la regla. En tramos de curva, sólo se comprobará el alineamiento de la cara superior.

Las soleras se deben colocar lo más ajustadas posibles entre sí, para ello se utilizarán unas pinzas las que solamente se ocupan para darle posición final (Imagen 75). Lo anterior, con una separación máxima de 1 cm.

Imagen 75: Pinzas



Fuente: (MAJAGA, 2019)

Las juntas de unión deberán rellenarse con un mortero de proporción 1:3 (cemento: arena) en peso o 1:2 en volumen. Las juntas verticales de contracción de las soleras confeccionadas en sitio se formarán en el hormigón fresco, mediante tablillas de fibro cemento o de otro material previamente aprobado por el Inspector Fiscal. La junta longitudinal entre las soleras y el pavimento se rellenará con mastic asfáltico u otro material bituminoso previamente aprobado por el Inspector Fiscal.

4.4.5. Riego de Imprimación y liga

Para lograr la adherencia de la carpeta asfáltica al terreno se realiza la imprimación, esto consiste en la aplicación de una emulsión mediante un “riego de asfalto cortado de baja viscosidad o emulsión imprimante, sobre una base no tratada (pavimento asfáltico), con el objetivo de impermeabilizar, evitar la capilaridad, cubrir y ligar las partículas sueltas y proveer adhesión entre la base o subbase y la capa inmediatamente superior” (MOP-DGOP-Dirección de Vialidad, 2015). Para imprimir se emplearán emulsiones imprimantes, con una dosificación entre 0,8 y 1,2 l/m².

4.4.5.1. Riego de Imprimación

Un riego de imprimación es una aplicación de asfalto diluido de curado medio, o de asfalto emulsificado especial para imprimación, sobre una capa de base de material sin tratar. Cuando se usa un asfalto diluido (diluido con solvente) de curado medio, este debe ser aplicado en suficiente cantidad para que penetre dentro del material de base. Cuando se usa un asfalto emulsificado, este debe ser aplicado según las instrucciones específicas del producto, suministradas por el proveedor.

Un riego de imprimación sirve para tres propósitos:

1. Ayuda a prevenir la posibilidad de que se desarrolle un plano de deslizamiento entre la capa de base y la capa superficial.
2. Evita que el material de base se desplace bajo las cargas de tránsito, durante la construcción, antes de que la primera capa sea colocada.
3. Protege las capas de base de la intemperie.

Las cantidades de aplicación para riegos de imprimación varían con el tipo de asfalto utilizado. Para un asfalto diluido de curado medio, MC-30, 70 o 250, la cantidad de aplicación varía entre 0.9 y 2.3 litros por metro cuadrado (0.2 y 0.5 galones/ yd²); cuando se usa un asfalto emulsificado SS-1, SS-1h, CSS-1, o CSS-1h, varían entre 0.5 y 1.4 litros por metro cuadrado por cada 25 mm de profundidad (0.1 y 0.3 galones/ yd²/in). Los valores exactos de aplicación son determinados por el ingeniero en la obra.

Antes de realizar la imprimación es necesario asegurarse que la superficie donde se aplicara el ligante, ya sea base o subbase, debe encontrarse libre de residuos o basura que puedan afectar la adherencia que se busca conseguir en este proceso, tal como se muestra en la Imagen 76, es por esto que se recomienda realizar un barrido con una sopladora, para así poder despejar el terreno de hojas, basura, etc.

Imagen 76: Base Libre de Residuos



Fuente: (Cáceres, Registro personal, 2016)

Para realizar este proceso de imprimación se utilizan los regadores de asfaltos, los cuales son los encargados de trasladar el ligante hasta la locación de proyecto y de esparcirlo sobre el terreno a ligar (Imagen 77), este debe mantener temperatura en el almacenador del imprimante y contar con un sistema computarizado que permita regular la presión de los regadores.

Imagen 77: Riego de Imprimación



Fuente: (Aldana, 2018)

“No se debe efectuar imprimaciones si el tiempo se presenta neblinoso o lluvioso. Al utilizar una emulsión imprimante, la aplicación se debe realizar cuando la temperatura atmosférica sea por lo menos 5°C subiendo y de la superficie no sea inferior a 5°C. (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018).

En ocasiones, se aplica demasiado asfalto diluido a la capa de base. En estos casos, no todo el asfalto es absorbido por el material de base, aun después de un periodo normal de curado (24 horas). Este exceso de asfalto deberá secarse con arena limpia, para evitar que

el riego de imprimación presente exudación a través del concreto asfáltico (Imagen 78), o que produzca un plano de deslizamiento.

Imagen 78: Exudación



Fuente: (Tipos de Fallas en Pavimento Flexible, 2014)

El proceso de secamiento consiste en rociar arena limpia sobre la superficie que ha sido imprimada, y luego apisonar la superficie con un rodillo de neumáticos. Sin embargo, el exceso de arena deberá removerse de la superficie antes de colocar la mezcla asfáltica sobre la base. Cualquier exceso de arena evitara que se obtenga una buena liga entre la capa de base y las capas asfálticas. El riego de imprimación debe inspeccionarse antes de la pavimentación, para asegurar que se encuentra en buena condición.

4.4.5.2. Riego de Liga

En el caso del riego de liga el proceso es el mismo, sin embargo, el material es distinto, ya que los riegos de liga son aplicaciones de asfalto (usualmente emulsiones) rociadas sobre la superficie de un pavimento existente (Imagen 79), antes de colocar una capa de refuerzo.

Imagen 79: Riego de Liga



Fuente: (Guerrero, 2015)

Aunque se pueden usar otro tipo de asfaltos en riegos de liga, la emulsión proporciona los mejores resultados por las siguientes razones:

- El asfalto emulsificado fluye fácilmente del distribuidor, lo cual permite una aplicación más uniforme del riego de liga.
- La emulsión se calienta levemente para que el distribuidor funcione, con el volumen suficiente, a una velocidad normal.

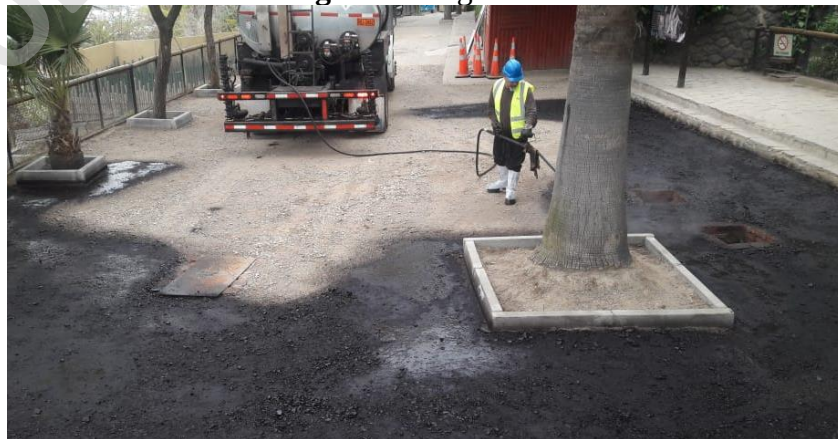
El propósito de un riego de liga es mejorar la ligazón entre las capas viejas y nuevas de pavimento o bien entre capas cuando la estructura considera más de una. Los riegos de liga también son usados en lugares donde la mezcla en caliente entra en contacto con la cara vertical de las aceras, las cunetas, y las estructuras y juntas de pavimento frío.

Los riegos de liga no deberán aplicarse en periodos de clima frío o húmedo. Los mejores resultados se obtienen si la superficie de la carretera está seca, si tiene una temperatura superficial por encima de 10°C, y si no hay ninguna señal de lluvia. Normalmente, los riegos de liga se aplican idealmente el mismo día en que se va a colocar la capa de refuerzo.

“En los riegos de liga se deberán emplear emulsiones asfálticas, preferentemente de quiebre lento... Con un porcentaje de xiol no mayor al 30 % en el Ensaye de la Mancha con heptano-xiol.” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018)

“El asfalto deberá distribuirse cuidadosa y uniformemente sobre la superficie a tratar, incluso sobre las paredes verticales que se generan en las uniones longitudinales entre pistas pavimentadas en asfalto, así como también, en las juntas transversales de construcción. La dosis establecida en terreno se aplicará con tolerancia de más menos 5%. Se deberá verificar la tasa de aplicación resultante cada 500 m o fracción de riego de liga por pasada, frecuencia que el inspector Fiscal podrá aumentar o disminuir de acuerdo con la tecnología que se utilice y la longitud del tramo. Toda área que no resulte satisfactoriamente cubierta con la aplicación del riego podrá tratarse en forma adicional mediante riego manual (Imagen 80).” (MOP-DGOP-Dirección de Vialidad, 2015)

Imagen 80:Riego Manual



Fuente: (Cáceres, Registro personal, 2016)

La superficie de un riego de liga aparece resbaladiza antes de romperse la emulsión (el agua en el asfalto emulsionado empieza a evaporarse y el asfalto comienza a ligarse con la superficie vieja del pavimento). Debido a esto, es necesario mantener el tránsito fuera del riego de liga para que no se presente una condición peligrosa. Además, se deberá advertir al tránsito de la posibilidad de salpicaduras de emulsión si se llega a transitar sobre el riego. La capa de refuerzo se debe colocar solamente cuando el riego de liga este curado hasta el punto donde se sienta pegajoso.

4.4.6. Carpeta Asfáltica

“Las carpetas asfálticas con mezcla en caliente son aquellas que se construyen mediante tendido y compactación de una mezcla de materiales pétreos de granulometría densa y cemento asfáltico, modificado o no, utilizando calor como vehículo de incorporación, para proporcionar al usuario una superficie de rodadura uniforme, bien drenada, resistente al derramamiento, cómoda y segura. Estas carpetas, debido a que generalmente tienen espesores mayores a cuatro centímetros, tiene la función estructural de soportar y distribuir la carga de los vehículos hacia las capas inferiores del pavimento.” (Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

Antes de poner en marcha la colocación de la carpeta asfáltica, se deberá verificar que la superficie haya pasado por el proceso de imprimación en el caso de base granular y por riego de liga si es un pavimento.

La mezcla deberá ser transportada a la obra en camiones tolva debidamente preparados para ese objetivo.

Para la colocación de la carpeta asfáltica, es posible encontrarse con dos tipos de metodología, en obras menores es factible realizar el proceso de forma manual, es decir sin la necesidad de grandes maquinarias o bien en obras mayores se rige por lo estipulado en el Manual de carretera volumen 5 al igual que lo dispuesto en el Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación.

“La superficie sobre la que se colocará la mezcla deberá estar seca o ligeramente húmeda. En ningún caso se pavimentará sobre superficies congeladas, cuando la temperatura atmosférica sea inferior a 5°C o con tiempo brumos o lluvioso. Cuando la temperatura ambiente descienda de 10 °C, deberán tomarse precauciones especiales para controlar la temperatura de compactación.

4.4.6.1. Colocación Manual

La colocación manual, se lleva a cabo solo cuando el volumen de la obra lo permite o bien en el proceso de terminaciones en lugares a los cuales no se puede acceder con maquinaria. Para esto se traslada la mezcla desde el camión de transporte al punto de colocación en un minicargador o bien en una carretilla, se vacía directamente en el terreno y se esparce con rastrillos y palas (Imagen 81), alcanzado el espesor requerido con la ayuda de estacas y lienzas. Luego se compacta con una placa compactadora manual y en sectores aún más pequeños y de difícil acceso se suele compactar con un pisón artesanal.

Imagen 81: Colocación de Mezcla Manual



Fuente: (Cáceres, Registro personal)

La distribución y la colocación a mano deberán efectuarse con mucho cuidado, y uniformemente, para que no vaya a haber segregación. Cuando se descarga la mezcla en pilas, esta debe ser colocada lo suficiente adelante de los paleadores, para que ellos no necesiten mover la pila completa. Además, deberá proporcionarse suficiente espacio para que los obreros se paren en la base y no en el material mezclado. Si la mezcla asfáltica es arrojada con palas, es casi seguro que habrá segregación de las porciones gruesas y finas de la mezcla (Imagen 82). Una mezcla colocada a mano tendrá una apariencia superficial diferente a la que puede tener la misma mezcla colocada con máquina.

Imagen 82: Segregación en la Mezcla



Fuente: (Cáceres, Registro personal, 2016)

El material de las palas deberá depositarse en pequeños montones y deberá distribuirse con rastrillos. En el proceso de distribución, el material deberá desatarse (Carlos, 2019) completamente y distribuirse uniformemente. Cualquier material que se haya acumulado en terrones, y no puede desbaratarse fácilmente, deberá desecharse. La superficie deberá revisarse con reglas rectas y plantillas después de que el material ha sido colocado, y antes de ser compactado. Cualquier irregularidad debe ser corregida.

4.4.6.2. Colocación Mecanizada

El equipo mínimo que se deberá disponer para comenzar a colocar una mezcla será el siguiente:

- Terminadora autopropulsada, que deberá estar equipada con elementos que permitan controlar el espesor de la capa automáticamente, siendo capaz de absorber cualquiera deficiencia de la capa inferior.
- Rodillo tándem de dos ruedas de acero.
- Rodillo neumático
- Equipos menores, medidor manual de espesor, rastrillos, palas y otros.

La colocación de la mezcla se inicia con el vaciado de esta desde el camión tolva a la parte delantera de la terminadora previamente regulada para esparcir la mezcla con el espesor especificada en el proyecto, la terminadora mediante una cinta traslada el asfalto hacia su parte posterior donde el asfalto cae al terreno con la forma, ancho y espesor requeridos. Una vez iniciado este proceso, la terminadora avanza dejando a su paso la carpeta asfáltica lista para ser compactada (Imagen 83).

Imagen 83: Extensión de Mezcla con Terminadora



Fuente: (Cáceres, Obra Conservacion Alhue, 2017)

Durante la colocación de la carpeta asfáltica y el proceso de compactación, se deberá verificar que la superficie se encuentre limpia, seca y libre de materiales extraños. La compactación se debe realizar cuando la temperatura de la mezcla se encuentre entre los 110 ° y 140°C, en primer lugar, con el rodillo tándem de dos ruedas de acero y luego con el rodillo neumático, de este modo la mezcla deberá alcanzar el nivel de compactación especificado, lo cual se corrobora con una medición realizada con un densímetro nuclear.

Una vez terminado este proceso, la superficie de la carpeta asfáltica no deberá presentar segregación de material, fisuras, grietas, ahuellamientos, deformaciones, exudaciones ni otros defectos.

4.4.7. Señalización

Para finalizar la construcción de la calzada se realizan los trabajos de señalización y demarcación, los cuales tienen como objetivo guiar y regular la circulación tanto peatonal como vehicular, para que esta se lleve a cabo de manera segura, fluida, ordenada y cómoda.

La señalización está compuesta por señales verticales y horizontales que se clasifican en:

Verticales:

a) Señales Reglamentarias: Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su transgresión constituye infracción a las normas del tránsito. Algunos ejemplos en la siguiente imagen.

Imagen 84: Señales Reglamentarias



Fuente: (CONASET)

b) Señales de Advertencia de Peligro: Su propósito es advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Estas señales suelen denominarse también Señales Preventivas. Se identifican algunas en la siguiente imagen.

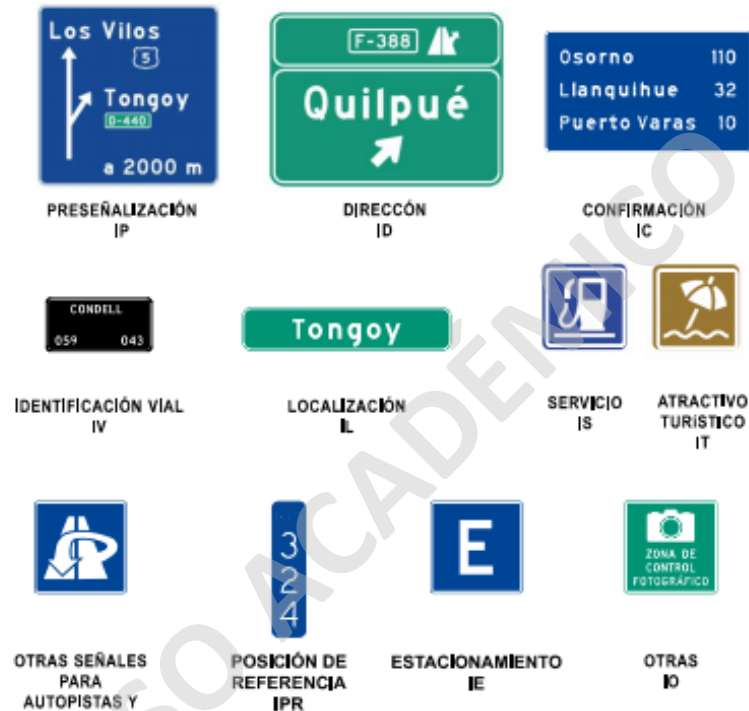
Imagen 85: Señales de Advertencia de Peligro



Fuente: (CONASET)

c) Señales Informativas: Tienen como propósito guiar a los usuarios y entregarles la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible. También informan acerca de distancias a ciudades y localidades, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, servicios al usuario, entre otros. Algunos ejemplos en la siguiente imagen.

Imagen 86: Señales Informativas



Fuente: (CONASET)

Horizontales:

a) Líneas Longitudinales: Se emplean para delimitar pistas y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos.

b) Líneas Transversales: Se emplean fundamentalmente en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse y para demarcar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas.

c) Símbolos y Leyendas: Se emplean tanto para guiar y advertir al usuario como para regular la circulación. Se incluyen en este tipo de demarcación las flechas, triángulos CEDA EL PASO y leyendas tales como PARE y LENTO.

d) Otras Demarcaciones: Existen otras demarcaciones que no es posible clasificar dentro de las anteriores, ya que ninguno de sus componentes (longitudinales, transversales o simbólicos) predomina por sobre los otros.

e) Demarcaciones Elevadas: Conocidos normalmente como tachas, estoperoles u “ojos de gato”. Por lo general estos dispositivos son plásticos, cerámicos o metálicos, entre otros materiales. Al menos la cara que enfrenta el tráfico debe ser retrorreflectante.

Existe una gran variedad de materiales para demarcar, con diversidad de costos, duración y métodos de instalación, correspondiendo a las entidades responsables de las vías seleccionar y especificar los que mejor satisfagan sus necesidades. Por ejemplo, el proceso de demarcación de símbolos y leyendas se inicia con un trazado, para luego aplicar la pintura como se muestra a continuación. (Imagen 87)

Imagen 87: Demarcación Leyenda



Fuente: (Cáceres, Registro personal, 2016)

En general, todas las vías deberían contar con las demarcaciones requeridas, siendo obligatorias en vías rurales y en vías urbanas cuya velocidad máxima sea superior a 60 km/h o su calzada tenga tres o más pistas o que registren un tránsito de 2.000 o más vehículos/día, sin perjuicio de las correspondientes a PARE y CEDA EL PASO, las que serán siempre obligatorias.

4.5. Programacion y Costos

En la construcción de una calzada asfáltica dentro de una urbanización, el costo y la programación estarán directamente relacionados al CBR del suelo en el cual se llevará a cabo dicho proyecto.

El Ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, subbase y base de pavimentos.

Tabla 8: Clasificación ASSHTO

Clasificación ASSHTO	Descripción	Clasif. S. U.	Densidad Seca (kg/m3)	CBR (%)	Valor K (psi/in)
Suelos granulares:					
A-1-a, bien graduada	Grava	GW, GP	125 - 140	60 - 80	300 – 450
A-1-a, mal graduada			120 - 130	35 - 60	300 – 400
A-1-b	Arena Gruesa	SW	110 – 130	20 - 40	200 – 400
A-3	Arena Fina	SP	105 – 120	15 -25	150 – 300
A-2 Material granular con alto contenido de finos					
A-2-4 gravoso	Grava Limosa	GM	130 - 145	40-80	300 – 500
A-2-5, gravoso	Grava Areno Limosa				
A-2-4, arenoso	Arena Limosa	SM	120 - 135	20 – 40	300 – 400
A-2-5, arenoso	Arena Gravo Limosa				
A-2-6, gravoso	Grava Arcillosa	GC	120 - 140	20 – 40	200 – 450
A-2-7, gravoso	Grava Areno Arcillosa				
A-2-6, arenoso	Arcilla Arenosa	SC	105 - 130	10 – 20	150 – 350
A-2-7, arenoso	Arcilla Grava Arenosa				
Suelos finos:					
A-4	Limo	ML, OL	90 - 105	4 - 8	25 – 165*
	Mezclas de Limo/Arena/ Grava		100 - 125	5 - 15	40 – 220 *
A – 5	Limo mal graduado	MH	80 - 100	4 - 8	25 – 190*
A - 6	Arcilla plástica	CL	100 - 125	5 - 15	25 – 255*
A-7-5	Arcilla Elástica moderadamente plástica	CL, OL	90 - 125	4 - 15	25 – 125 *
A-7-6	Arcilla muy plástica	CH, OH	80 - 110	3 – 5	40 – 220*

Fuente: (Hugo, 2012)

En Chile, predominan los suelos pertenecientes al Grupo A-2, presentando CBR entre 20-40%.

La prueba CBR de suelos consiste básicamente en compactar una muestra del terreno en unos moldes normalizados, sumergirlos en agua y aplicar un punzonamiento sobre la superficie del terreno mediante un pistón normalizado. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad. Este es uno de los parámetros necesarios obtenidos en los estudios geotécnicos previos a la construcción.

La dependencia de los costos y el plazo construcción de una calzada asfáltica, incide en los diseños indicados por SERVIU (Tabla 8 y 9). Donde se indican las capas que compondrán la estructura de pavimento. Según este diseño, el asfalto entra a competir de manera favorable en suelos con un CBR superior al 20%, ya que es en este caso donde la estructura está compuesta por un número de capas similar tanto en hormigón como en asfalto.

Tabla 9: Cartilla De Diseño De Pavimentos De Hormigón

Tipo de Vía	Tránsito		CBR %				
			£3	4 - 7	8 -12	13 - 20	> 20
Pasajes	£ 50.000 EE	H losa	140	130	120	120	120
		e base	300	150	150	150	150
Locales	£ 200.000 EE	H losa	160	140	130	130	130
		e base	300	150	150	150	150
Servicio	£ 1x10 ⁶ EE	H losa	170	160	150	150	150
		e base	300	150	150	150	150

Fuente:(SERVIU, 2019)

Tabla 10: Cartilla De Diseño De Pavimentos Asfálticos Para Pasajes, Calles Locales Y De Servicio

Tipo de Vía	Tránsito	Capa	Estabilidad (N)	CBR Capa (%)	CBR Suelo (%)				
					£ N	4 - 7	8 - 12	13 - 20	> 20
Pasajes	£ 50.000 EE	Carpeta Asfáltica	6.000 - 9.000		40	40	40	40	40
		Base		≥ 100 ⁽¹⁾	150	150	150	150	150
		Sub-Base		≥ 20	150	150	200	150	----
		Mejoramiento		≥ 20 ⁽²⁾	450	200	----	----	----
Calles Locales	£ 200.000 EE	Carpeta Asfáltica	6.000 - 9.000		40	40	40	40	40
		Base		≥ 100 ⁽¹⁾	150	150	150	150	200
		Sub-Base		≥ 20	150	150	200	150	----
		Mejoramiento		≥ 20 ⁽²⁾	450	200	----	----	----
Calles de Servicio	£ 1x10 ⁶ EE	Carpeta Asfáltica	9.000 - 14.000		50	50	50	50	50
		Binder Asfáltico	8.000 - 12.000		50	50	50	50	50
		Base		≥ 80	150	150	150	150	200
		Sub-Base		≥ 20	150	150	250	150	----
		Mejoramiento		≥ 20 ⁽²⁾	450	200	----	----	----

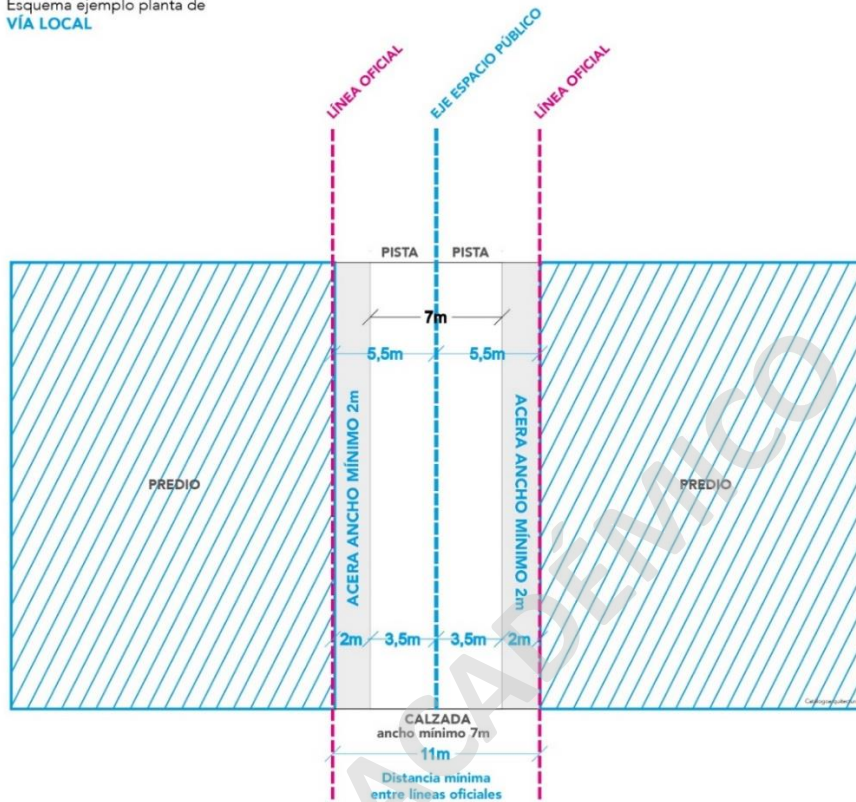
Fuente: (SERVIU, 2019)

Para poder analizar el costo y plazos de una calzada asfáltica, primero se identificarán los tipos de vías en una urbanización. Estas cartillas identifican tres tipos de vía; Pasaje, Locales y de Servicio, las cuales se definen a continuación.

-Pasaje: vía destinada al tránsito peatonal con circulación eventual de vehículos, con salida a otras vías o espacios de uso público, y edificada a uno o ambos costados. (Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, 2018)

-Locales: Flujo de automóviles y vehículos de tracción animal y humana, excepcionalmente locomoción colectiva. Tiene capacidad media o baja de desplazamientos de flujos vehiculares. Deberán existir aceras a ambos costados, cada una de ellas de 2 m de ancho mínimo. (Imagen 88)

Esquema ejemplo planta de VÍA LOCAL

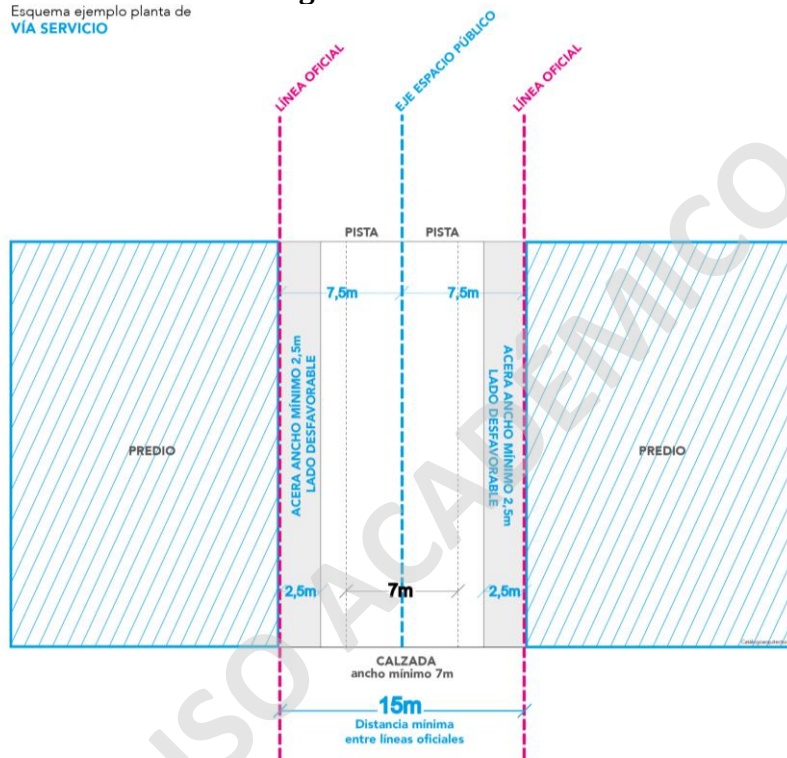


Fuente: (CatalogoArquitectura, 2019)

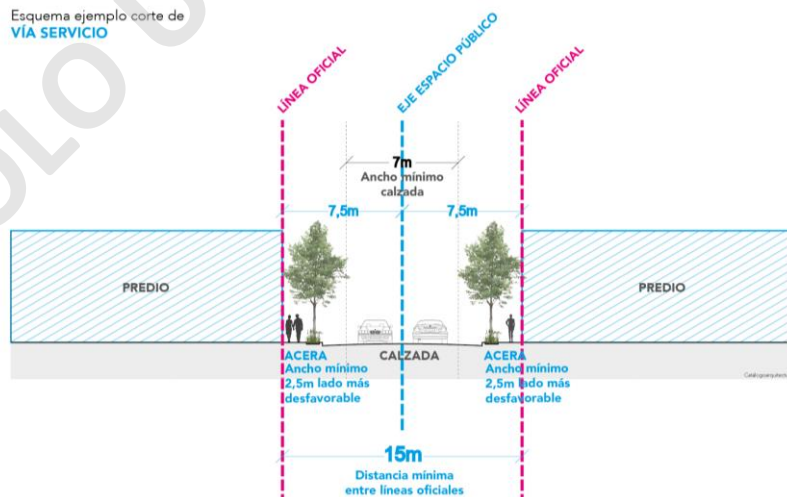
estacionamiento de vehículos, para lo cual deberá contar con banda especial, la que tendrá un ancho consistente con la disposición de los vehículos que se adopte. El ancho mínimo de su calzada pavimentada no debe ser inferior a 7 m, tanto si se trata de un solo sentido de tránsito o doble sentido de tránsito y deberán existir aceras a ambos costados, cada una de ellas de 2,5 m de ancho mínimo, en su condición más desfavorable. (Imagen 89)

Imagen 89: Vía Servicio

Esquema ejemplo planta de
VÍA SERVICIO



Esquema ejemplo corte de
VÍA SERVICIO



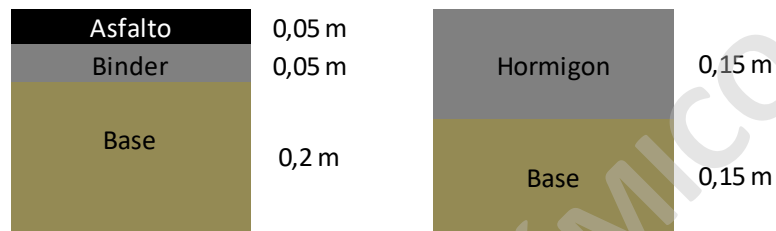
Fuente: (CatalogoArquitectura, 2019)

Para poder ejemplificar la programación de una calzada asfáltica se usará como ejemplo una calle de Servicio que se ejecutará en las siguientes condiciones:

Datos del Proyecto

- Largo del Tramo: 1000 ml
- Ancho: 6 ml
- Superficie: 6000 m²
- CBR suelo: %
- Tipo de Vía: Servicio

En estas condiciones la estructura de la calzada será la siguiente:



4.5.1. Programación

• Construcción en Asfalto:

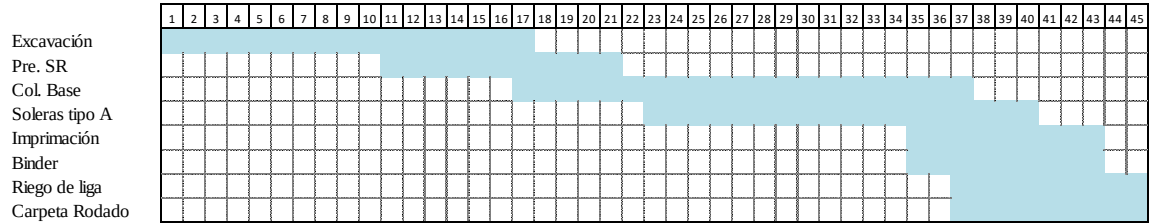
-Cubicación:

Descripción	unidad	Cantidad
Excavación	m ³	1800
Preparación de Subrasante	m ²	6000
Sum. Y colocación base (e:0,15 m)	m ³	1200
Sum. Y coloc. De Soleras	ml	2000
Imprimación asfáltica	m ²	6000
Carpeta Binder e: 0,05 m	m ²	6000
Riego de Liga	m ²	6000
Carpeta asfáltica e:0,05 m	m ²	6000

-Rendimiento y Plazos

Pav. Asfalto	Rendimiento	Plazo en días	Plazo en días
		Trabajados	Corridos
Excavación	150 m ³ /día	12	17
Pre. SR	800 m ² /día	8	11
Col. Base	80 m ³ /día	15	21
Soleras tipo A	160 ml/día	13	18
Imprimación	1000 m ² /día	6	9
Binder	1000 m ² /día	6	9
Riego de liga	1000 m ² /día	6	9
Carpeta Rodado	1000 m ² /día	6	9

-Gantt:



Duración total: 45 Días (1,5 meses)

- Construcción en Hormigón:**

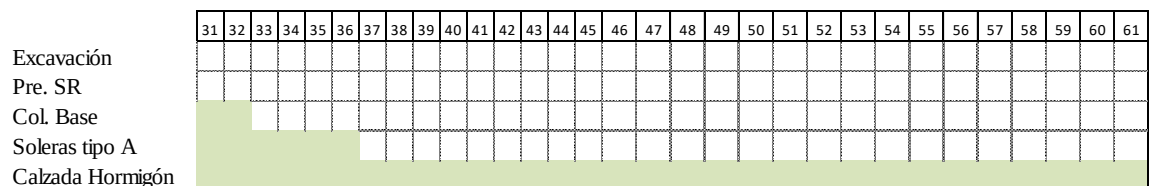
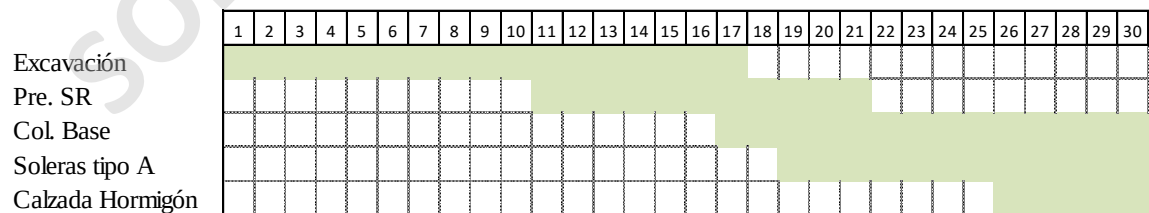
-Cubicación:

Descripción	unidad	Cantidad
Excavación	m3	1800
Preparación de Subrasante	m2	6000
Sum. Y colocación base (e:0,15 m)	m3	900
Sum. Y coloc. De Soleras	ml	2000
Sum. Y coloc. Hormigón calzada HI	m2	6000

-Rendimiento y Plazos

	Rendimiento	Plazo en días Trabajados	Plazo en días corridos
Pav. Hormigón			
Excavación	150 m3/día	12	17
Pre. SR	800 m2/día	8	11
Col. Base	80 m3/día	11	16
Soleras tipo A	160 ml/día	13	18
Calzada Hormigón	233 m2/día	26	36

-Gantt:



Duración total: 61 Días (2 meses)

4.5.2. Costos

Para el cálculo de los costos se usaron los precios vigentes en Constructora de Pavimentos Asfálticos Bitumix S.A, una de las constructoras de pavimentos más grandes de Chile, y un costo directo de \$30.000.000 por día.

- **Construcción en Asfalto:**

Descripción	unidad	Cantidad	P.Unitario	Total
Excavación	m3	1800	\$ 10.300	\$ 18.540.000
Preparación de Subrasante	m2	6000	\$ 700	\$ 4.200.000
Sum. Y colocación base (e:0,15 m)	m3	1200	\$ 18.000	\$ 21.600.000
Sum. Y coloc. De Soleras	ml	2000	\$ 9.800	\$ 19.600.000
Imprimación asfáltica	m2	6000	\$ 520	\$ 3.120.000
Carpeta Binder e: 0,05 m	m2	6000	\$ 5.950	\$ 35.700.000
Riego de Liga	m2	6000	\$ 430	\$ 2.580.000
Carpeta asfáltica e:0,05 m	m2	6000	\$ 6.475	\$ 38.850.000
Total Costo Directo				\$ 144.190.000
Total Costo Indirecto				\$ 45.000.000
COSTO TOTAL DE EJECUCIÓN DE OBRA				\$ 189.190.000

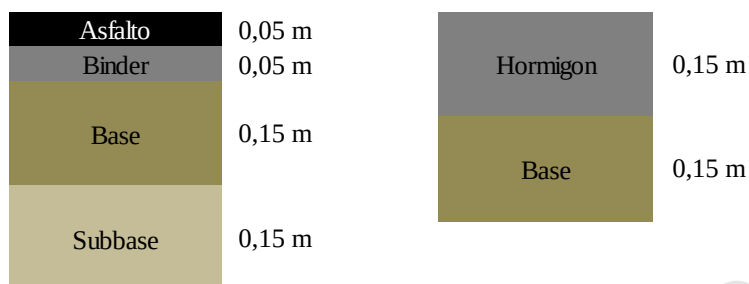
- **Construcción en Hormigón:**

Descripción	unidad	Cantidad	P.Unitario	Total
Excavación	m3	1800	\$ 10.300	\$ 18.540.000
Preparación de Subrasante	m2	6000	\$ 700	\$ 4.200.000
Sum. Y colocación base (e:0,15 m)	m3	900	\$ 18.000	\$ 16.200.000
Sum. Y coloc. De Soleras	ml	2000	\$ 9.800	\$ 19.600.000
Sum. Y coloc. Hormigón calzada HF5	m2	6000	\$ 15.750	\$ 94.500.000
Total Costo Directo				\$ 153.040.000
Total Costo Indirecto				\$ 61.000.000
COSTO TOTAL DE EJECUCIÓN DE OBRA				\$ 214.040.000

En este caso, donde las condiciones de terreno contaban con un CBR mayor a 20%, el asfalto es claramente una mejor opción tanto en plazo como en costo:

Asfalto		Hormigón
45 días	Plazo	61 días
\$189.190.000	Costo	\$214.040.000

Ahora bien, si el contexto fuera distinto y el terreno donde se ejecutará la calzada contara con un CBR entre un 13-20%, la situación sería la siguiente:



En el caso del Hormigón se mantiene la misma estructura, por ende, mantiene plazo y costo. En el caso del Asfalto la situación es la siguiente:

-Cubicación:

Descripción	unidad	Cantidad
Excavación	m3	2400
Preparación de Subrasante	m2	6000
Sum. Y colocación Sub base (e:0,25 m)	m3	900
Sum. Y colocación base (e:0,15 m)	m3	900
Sum. Y coloc. De Soleras	ml	2000
Imprimación asfáltica	m2	6000
Carpeta Binder e: 0,05 m	m2	6000
Riego de Liga	m2	6000
Carpeta asfáltica e:0,05 m	m2	6000

-Rendimiento y Plazo:

	Rendimiento	Plazo en días Trabajados	Plazo en días corridos
Pav. Asfalto			
Excavación	150 m3/día	16	23
Pre. SR	800 m2/día	8	11
Col. Base y Sbase	80 m3/día	23	32
Soleras tipo A	160 ml/día	13	18
Imprimación	1000 m2/día	6	9
Binder	1000 m2/día	6	9
Riego de liga	1000 m2/día	6	9
Carpeta Rodado	1000 m2/día	6	9

-Gantt:

Pav. Asfalto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Excavación																														
Pre. SR																														
Col. Base y Sbase																														
Soleras tipo A																														
Imprimación																														
Binder																														
Riego de liga																														
Carpeta Rodado																														

Pav. Asfalto	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
Excavación																															
Pre. SR																															
Col. Base y Sbase																															
Soleras tipo A																															
Imprimación																															
Binder																															
Riego de liga																															
Carpeta Rodado																															

Duración total: 61 días (2 meses)

Costo:

Descripción	unidad	Cantidad	P.Unitario	Total
Excavación	m3	2400	\$ 10.300	\$ 24.720.000
Preparación de Subrasante	m2	6000	\$ 700	\$ 4.200.000
Sum. Y colocación Sub base (e:0,25	m3	900	\$ 17.350	\$ 15.615.000
Sum. Y colocación base (e:0,15 m)	m3	900	\$ 18.000	\$ 16.200.000
Sum. Y coloc. De Soleras	ml	2000	\$ 9.800	\$ 19.600.000
Imprimación asfaltica	m2	6000	\$ 520	\$ 3.120.000
Carpeta Binder e: 0,05 m	m2	6000	\$ 5.950	\$ 35.700.000
Riego de Liga	m2	6000	\$ 430	\$ 2.580.000
Carpeta asfaltica e:0,05 m	m2	6000	\$ 6.475	\$ 38.850.000
Total Costo Directo				\$ 160.585.000
Total Costo Indirecto				\$ 61.000.000
COSTO TOTAL DE EJECUCIÓN DE OBRA				\$ 221.585.000

De esta forma se comprueba que en un proyecto de calzada donde el suelo cuenta con un CBR menor al 20% el asfalto disminuye sus opciones de ser la mejor alternativa, ya que, si bien la duración entre ambos materiales es la misma, su costo de ejecución aumenta.

Asfalto		Hormigon
61 días	Plazo	61 días
\$221.585.000	Costo	\$ 214.040.000

Ahora bien, el margen es solo de un 3,5%, es por esto que la situación puede cambiar fácilmente mejorando levemente el rendimiento o bien rebajando los precios en no más de un 4%, lo cual no es un porcentaje de descuento difícil de negociar en el área de las obras viales.

4.6. Sistema de Calidad

Con el fin de asegurar que los servicios y procesos desarrollados se ajusten a las exigencias de calidad, se debe implementar un Sistema de Calidad conformado por un Plan de Aseguramiento y Control de Calidad para el Proyecto a ejecutar, el cual se basará en las Bases Administrativas, Especificaciones Técnicas, Planos y Propuesta.

El objetivo de este Sistema de Calidad es definir los pasos que el contratista seguirá para la planificación de la calidad en el contrato. Para desarrollar las instrucciones de trabajo destinadas al control de los procesos, se abordarán todas las actividades de prueba y de inspección de calidad, con sus especificaciones y criterios de aceptación, siendo fundamental lograr la satisfacción del cliente.

Los lineamientos de la calidad específica del proyecto, consistirá en cumplir todas las especificaciones de construcción entregadas por el mandante para la obra, de tal manera de desarrollar un proyecto de construcción, seguro, funcional y compatible con la protección del medio ambiente. Para ello todos los miembros del equipo deberán trabajar conforme a los procedimientos establecidos, demostrando así su compromiso con la aplicación del Plan de Aseguramiento y Control de Calidad.

4.6.1. Procesos que conforman el Sistema de Gestión de Calidad

- Procesos de Gestión de Calidad: corresponden a los procesos de apoyo a la operación y que el contratista exige estén documentados.
- Procesos operativos: corresponden a los procesos propios del contrato, que tienen relación con la actividad de construcción, y que están documentados con el fin de asegurar que su ejecución se realizará bajo condiciones controladas.

4.6.2. Funcionamiento y documentación del sistema de calidad en obra

El funcionamiento del Sistema de Gestión de Calidad se encontrará basado en los siguientes instrumentos:

- Procedimientos Operativos y/o Instrucciones de Trabajo: Documentos que son elaborados para describir y definir los procesos constructivos críticos antes de ser llevados a cabo.
- Protocolos de Construcción: Son registros de calidad que permiten demostrar que las actividades se han realizado y controlado de acuerdo con las especificaciones previamente establecidas.
- Informes de Producto No Conforme (NC) y Acciones Correctivas (AC): Son documentos que permiten dejar en evidencia del No cumplimiento de los estándares establecidos y de las acciones o medidas tomadas para corregir esos defectos y evitar que se vuelvan a producir.

4.6.3. Registros de Calidad

El Sistema de Calidad de la obra., mantendrá suficientes registros, para demostrar el cumplimiento de la calidad requerida y verificar que las operaciones del Sistema de Calidad sean efectivas.

Los siguientes son los registros del proyecto que requieren control:

- Protocolos de Construcción.
- Planos de Construcción.
- Protocolos de Topografía.
- Especificaciones Técnicas.
- Listas de Chequeo o Verificación.
- Reportes de No conformidades.
- Registros de Acciones Correctivas y Preventivas.
- Certificados de dosificaciones para el caso de los hormigones.
- Programas de Construcción.
- Listado de Proveedores Calificados.

Los registros de control se mantendrán archivados en instalaciones de la empresa hasta la liquidación final del contrato.

4.6.4. Aseguramiento de la Calidad

El Aseguramiento de la Calidad se ejecuta en los siguientes niveles:

-Control de los Procesos: Se aplican procedimientos de trabajo escritos de las actividades más incidentes de la Obra. Estos procedimientos indican la metodología planificada para emplear en los puntos críticos del proceso de ejecución, así como las responsabilidades sobre estas actividades.

- Inspección, Control y Ensayo: Se define el Programa de Inspección y Ensayo (PIE) de las actividades individualizadas. Es responsabilidad del Laboratorio de Autocontrol y de Topografía ejecutar el PIE en sus respectivas especialidades y reportar al Administrador de Obra el nivel de cumplimiento alcanzado.

- Control de Equipos de Medida, Inspección y Ensayo (EIMES): Se define el Plan de Inspección y Calibración de Equipos (PICE) de los equipos considerados como críticos, donde se incluyen tanto los equipos de laboratorio como los equipos topográficos utilizados en el Contrato.

4.7. Aspectos de sustentabilidad

En todos los ámbitos de la construcción se tienden a usar materiales reciclados para ahorrar costes y reducir el impacto medioambiental. En el caso del asfalto, también es posible llevar a cabo esta práctica.

Para reutilizar el aglomerado asfáltico se echa mano del fresado procedente de las capas de firme que han perdido sus propiedades impermeabilizantes. Obviamente, con el reciclaje se reduce el uso de materias primas y la explotación de las canteras para la extracción de áridos. El proceso puede hacerse in situ o en planta.

En el primer caso lo que se hace es separar el material y mezclarlo con un ligante. Este procedimiento se aplica sobre todo en pavimentos muy dañados. Otra opción es hacerlo en planta, trasladando la mezcla bituminosa del firme a un centro donde se mezcla con árido virgen y betún en caliente para posibilitar de nuevo la fabricación de aglomerado asfáltico. La técnica del asfaltado en planta consiste en trasladar la mezcla bituminosa que ha retirado del firme a una planta donde se mezclan con árido virgen y betún en caliente para originar una mezcla bituminosa que está formada en un 30% por material reciclado. (A.S, 2016)

En Chile, el reciclado de asfalto fue llevado a otro nivel, en un estudio que buscaba extender la vida útil del asfalto el profesor de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Universidad Católica (UC), Álvaro González, quien junto a un equipo de investigadores y el profesor José Norambuena de la Universidad del Bío-Bío, desarrollaron un pavimento de asfalto con materiales reciclados que tiene la capacidad de auto reparar sus grietas.

Se trata de un nuevo pavimento que contiene asfalto reciclado y fibras o virutas de metal desechadas por la industria. La innovación tiene la propiedad de auto rehabilitarse al ser sometido a pruebas de calor con microondas o inducción magnética.

“En el mundo, más de un 90% de los pavimentos son de asfalto gracias a su nobleza como material de caminos, menor costo inicial y flexibilidad. Sin embargo, estas estructuras incrementan su rigidez con el paso del tiempo, volviéndose frágil y propenso a sufrir agrietamientos. Por lo tanto, se han desarrollado muchas investigaciones que apuntan a extender la vida útil de los pavimentos de asfalto, debido a su importancia en red vial y a la gran inversión que deben hacer las autoridades para mantenerla en buen estado.” (Gonzalez, 2019)

Los investigadores chilenos, donde participa también el profesor José Norambuena de la Universidad del Bío-Bío, estudiaron mezclas de pavimento reciclado con pequeñas cantidades de fibras o virutas de metal, que otorgan propiedades físicas auto sellantes.

Si bien el asfalto tiene la capacidad natural de auto reparar sus grietas cuando se registran altas temperaturas, como ocurre en el verano, el investigador precisó que esta tecnología permite rehabilitar de manera artificial y autónoma este tipo de mezcla, incluso en períodos de invierno.

Este estudio es la más grande muestra de la alta sustentabilidad que posee el asfalto, reutilizando recursos que llevan a la fabricación de una versión mejorada de estos, extendiendo su vida útil.

4.8. Prevención de Riesgos

La construcción de una calzada, cualquiera sea su materialidad, siempre presenta un gran riesgo, por lo cual es sumamente relevante contar con un Plan de prevención de riesgos que contenga las gestiones y actividades que la organización utilizará para el control de los riesgos operacionales y las actividades de cada nivel de responsabilidad de la Obra en materias de Seguridad y Salud Ocupacional.

Cada obra deberá contar con un Prevencionista de Riesgo, quien controlará sistemáticamente el cumplimiento del Plan en forma mensual. El Plan de Prevención de Riesgos está formado por dos ejes que sustentan y aseguran la gestión de todos los aspectos que inciden en la ocurrencia de accidentes, objetivo del control del Plan.

Permanentemente se dará cumplimiento a todas las disposiciones legales relacionadas con la Seguridad y Salud Ocupacional y a las normativas vigentes, las que para su implementación se entenderán sabidas y/o se contará con la asesoría del departamento de Seguridad y Salud Ocupacional en cualquiera de ellas.

El primer pilar fundamental del Plan es la identificación del Marco Regulatorio Legal, el que se resume en la siguiente tabla:

TIPO	DESCRIPCION
LEYES	D.F.L. N° 1/94 Código del Trabajo (Art. 153–157).
	D.F.L. N° 458/75 Ley General de Urbanismo y Construcciones.
	Ley N° 16.744/68 Ley de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales
	Ley N° 20.123/07 Regula Trabajo en régimen de Subcontratación.
	Ley N° 20.949 Regula el peso máximo de carga humana
	Ley N° 20.096/06 Sobre Protección de Capa de Ozono
	Ley N° 20.005/05 Tipifica y Sanciona el Acoso Sexual.
	Ley N° 20.660/13 Ambientes Libres de Humo de Tabaco.
DECRETOS	D.S. N° 594/99 Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.
	D.S. N° 40/69 Aprueba Reglamento Sobre Prevención de Riesgos Profesionales.
	D.S. N° 54/69 Aprueba el Reglamento para la Constitución y Funcionamiento de los CPHS.
	D N° 76 Aprueba Reglamento para la aplicación del Artículo N° 66 bis de la Ley 16.744, sobre la subcontratación.
	D.S. N° 63 Reglamento para la aplicación de la Ley N° 20.949, que regula el Peso Máximo de carga humana.

	D.S. N° 67 Reglamento para la Aplicación de los Artículos 15 y 16 de la Ley N° 16.744 sobre exenciones, rebajas y recargos de la cotización Adicional diferenciada. D.S. N° 18/82 Certificación de Calidad de EPP contra Riesgos Ocupacionales. D.S. N° 95/95 Modifica D. S. N° 40/69 que Aprobó el Reglamento Sobre Prevención de Riesgos. D.S. N° 369/96 Extintores Portátiles. D.S. N° 101/68 Aprueba Reglamento para la Aplicación de la Ley N° 16.744, que Establece normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades Profesionales. D.S. N° 109/68 Aprueba Reglamento para la Calificación y Evaluación de Accidentes del Trabajo y enfermedades Profesionales de acuerdo con lo dispuesto en la ley N° 16.744. D.S. N° 20/80 Modifica D.S. N° 40/69 de Riesgos Profesionales. D.S. N° 160/08 Aprueba reglamento sobre requisitos de seguridad para el almacenamiento y manipulación de combustibles derivados del petróleo. D.S. N° 72/86 Aprueba Reglamento de Seguridad Minera. D. N° 47/92 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
COMPENDIO DE NORMAS SUCESO	Libro IV, Prestaciones Preventivas, Título I. Obligaciones de las empresas empleadoras, D. Obligaciones en caso de accidentes graves y fatales
PROTOCOLOS	Resolución Programa de Vigilancia de la Silicosis. Exenta N° 847 del MINSAL (20/10/2009). 2.011 Protocolo de Exposición Ocupacional a Ruido (PREXOR) Manejo Manual de carga. Protocolo Tmrt Protocolo Radiación UV.
NORMAS CHILENAS NCh	Se entienden incorporadas todas las NCh que apliquen al quehacer, según el desarrollo del proyecto, se irán ocupando cada vez que sea necesaria. Por lo extenso de este recopilatorio no se agregarán en este texto, pero se pueden consultar en las bases del proyecto.
Otras normas	Manual de Señalización de Tránsito del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones”. Manual de Carreteras.

Todos los niveles de responsabilidad contarán con un ejemplar del Plan de Prevención de Riesgos y será responsabilidad de cada uno la entrega de los documentos que acrediten el desarrollo de las actividades, que a cada uno le competa como responsabilidad de su cargo.

Como base estructural del Plan de Prevención de Riesgos, está la IPER, que es un instrumento desarrollado para identificar los Peligros y Evaluar, mediante una matriz específica, los Riesgos de los distintos aspectos que permitirán ejecutar el contrato (tareas, equipos, materiales y lugares de trabajo), lo anterior recibe el nombre de “Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos

En la construcción de una calzada de pavimento asfáltico la identificación de Peligros y sus respectivas medidas preventivas son las siguientes:

RIESGOS	MEDIDAS PREVENTIVAS
Atropellos	Todos los trabajadores tendrán dispositivos reflectantes en sus ropas y deberán estar atentos a las condiciones de tránsito del lugar y del momento.
	Queda establecido que la preferencia, en las instalaciones, la tienen los peatones. Aunque el sector a asfaltar no es transitable por peatones.
	Se delimitará el área de acción del asfalto.
	Difusión Procedimiento, se mantendrá en carpeta en terreno junto al Procedimiento.
	Todo el personal que ejecute las actividades antes descritas se mantendrá atentos a las condiciones de tránsito del lugar en todo momento.
	Jamás interponerse en las líneas de fuego o radios de acción de rodillos o maquinaria a utilizar.
Colisiones	Las maniobras complicadas, serán dirigidas por un paletero, quién utilizará paleta pare-siga de acuerdo con lo estipulado en el Manual de Señalización de Tránsito, Capítulo 5 “Señalización transitoria”, además utilizará vestimenta de alta visibilidad “Elementos para aumentar la visibilidad de trabajadores y vehículos”, del mismo referendo.
	Se deberá contar con paletero para advertir automovilistas en la vía pública de la entrada-salida de vehículos desde obra.
	Siempre se mantendrá atento a las condiciones del tránsito,
	Si presenta dificultades de salud u otra condición que ponga en riesgo la ejecución de la actividad y la integridad física, debe informar inmediatamente a su Supervisor.
	Todo conductor mantendrá actitudes seguras mientras ejecute las actividades de conducción, jamás realizará acciones temerarias, siempre respetará las normas de tránsito y las normativas de METRO en términos de seguridad. Se mantendrá atento a las condiciones del tránsito, adoptando conducta de manejo a la defensiva.
Golpeado por	Delimitar área de acción de maquinaria. Delimitar espacio de maniobra de maquinaria.
	No acercarse a maquinaria en movimiento, mantener distancia mínima de 5mts.
	Movimientos controlados y con limitación de acción.
	Revisión diaria de la maquinaria, mediante lista de chequeo.
Atrapamiento	Cuando aplique este riesgo, considerar que mientras se realice la instalación de las defensas camineras de hormigón, el trabajador no introducirá sus manos entre defensas, se mantendrá a una distancia mínima de 2 mts. para señalar al Operador de la Grúa Horquilla la disposición de estos elementos.

Aplastamiento	El personal se mantendrá alejado mientras se ejecuten actividades de carga suspendida.
	Jamás se interpondrán en las líneas de fuego.
	Jamás transitará bajo carga suspendida.
	Se mantendrá segregada el área.
	Difusión Procedimiento de trabajo seguro.
	El personal se mantendrá alejado del borde de la zanja o excavación, mínimo 3mts.
	Jamás ingresarán trabajadores al interior de la zanja o excavación.
Incendios	Se prohíbe fumar en áreas donde existan elementos combustibles
	Se mantendrá debidamente identificado un extintor de incendio operativo y personas capacitadas para operarlo.
	Se verificará periódicamente la existencia de elementos inflamables en el área.
Contacto con energía eléctrica	Verificar antes de iniciar los trabajos que no exista tendido eléctrico aéreo que pueda ser dañado con la tolva del camión.
	Mantener una distancia de seguridad hacia las líneas eléctricas, inclusive las provisionales. Para maquinaria, de por lo menos 5 metros.
Contacto con Productos Peligrosos	Mantener HDS de emulsión asfáltica en el lugar de Trabajo.
	Difusión de HDS de emulsión asfáltica a los Trabajadores.
	Antiparras todo momento.
Contacto con materiales a altas temperaturas	Charla Operacional 5 minutos
	Confección de listas de chequeo.
	Sólo operará personal calificado.
	Uso de EPP adecuado a la actividad.
Caída al mismo nivel	Mantener área de trabajo limpias y ordenadas.
	Jamás se mantendrán herramientas u otros elementos depositados en las áreas de tránsito.
	Usar calzado de seguridad.
	Caminar atento a las condiciones del terreno y sin objetos u otros que dificulten la visual.
Sobreesfuerzo	Usar técnicas de movimiento de cargas
	El peso de los elementos a manipular será inferior a 25 Kg y analizados sus riesgos y medidas de control.
	Utilizar equipos de apoyo.
Caída distinto nivel	Se mantendrá segregada el área de la excavación en zanja.
	Se señalizará el área.
Ruido	Uso de Protección auditiva
	Mantener la maquinaria con buena mantención y de acuerdo con indicaciones del fabricante, para no aumentar el nivel de ruido.
Violencia Callejera	Mantener la Calma.
	No interactuar con personas enajenadas.
	Llamar a Carabineros, en la Obra se mantendrán los números telefónicos de emergencias.

Exposición a Radiación UV	Uso de pantalla protectora F50
	Uso de cubre nuca y mangas largas.
Daños a Usuarios	Mantener áreas ordenadas, limpias y señalizadas.
	Cada vez que exista movimiento de camiones y maquinarias, las maniobras serán atendidas por un señalero.
	En caso de que las maquinas, equipos u otras causan daños a terceros, se informará para activar los seguros correspondientes.

Son estas consideraciones las que no pueden pasarse por alto a la hora de construir una calzada asfáltica, es importante que la supervisión de los trabajos los tenga claros para poder transmitir a los trabajadores la existencia de estos riesgos y como prevenirlos, de manera de evitar accidentes en la obra.

En relación con los riesgos a considerar por la presencia de asfalto como material en una obra podemos mencionar que, a pesar de que, al asfalto, en condiciones ambientales normales, se le considera como atóxico, sustancialmente, su contacto con la piel puede provocar inflamación o dermatitis en algunas personas. Asimismo, cuando para su uso industrial se calienta o se mezcla con diversos solventes, puede presentar los siguientes riesgos:

- Peligros De Incendio: Todos los materiales asfálticos pueden producir combustión si se los calienta suficientemente. El peligro de incendio que encierran los asfaltos diluidos varía de acuerdo con la clase y el grado del producto. Entre los principales factores que influyen sobre su inflamabilidad está la volatilidad de los solventes del petróleo mezclados con los materiales de base.

- Quemaduras: El contacto de la piel con el asfalto caliente (160° C) puede provocar graves quemaduras. Si el asfalto fundido se pone en contacto con la piel, se la debe enfriar rápidamente con agua fría o mediante algún otro método recomendado por los médicos. La remoción del asfalto de la piel sólo debe ser realizada por un médico. En caso de quemaduras extensas, se las debe cubrir con paños esterilizados y llevar al paciente inmediatamente al hospital.

- Descarga De Asfalto A Estanques: Cuando se abren las tapas de la cúpula de cualquier vagón o camión-cisterna, el operario debe colocarse del lado por donde sopla el viento para reducir a un mínimo el peligro de inhalar los gases y vapores que salen de la cúpula. Debido a que un exceso de presión de un camión cisterna puede esparcir su contenido, el personal que saca los pernos de la tapa de la cúpula tiene que apartarse de ésta. El personal debe sacar los pernos o aflojar la tapa lentamente y usar siempre un protector facial y guantes. También es preciso preocuparse de controlar la hermeticidad de tambores y válvulas de servicio.

- Inhalación De Vapores Y Gases Del Asfalto Caliente: En las etapas de carga/descarga de asfalto se producen emanaciones de gases y vapores, derivados del cemento asfáltico o de algunos de sus solventes. Los vapores pueden causar mareos o sofocación. Al contacto con la piel y/o los ojos puede irritar o quemar. Puede producir gases irritantes o venenosos al contacto con el fuego.

5. CAPÍTULO 4

5.1. CONCLUSIONES

Para concluir y considerando los antecedentes expuestos en esta investigación, la evidencia demuestra que una calzada de asfalto presenta importantes ventajas por sobre una de otro material, inclusive la amplia gama de opciones de mejorar las debilidades que esta pueda presentar la posiciona como una aun mejor opción.

La construcción de este tipo de calzadas está debidamente especificada en la normativa vigente en nuestro país, la cual, se caracteriza por ser amplia y diversa, contemplando obras de gran envergadura como también aquellas más pequeñas, en las que se puede ceder en el criterio de cumplimiento. Esto favorece su implementación, puesto que en los casos en que no se conoce en profundidad el proceso constructivo, la normativa cumple el rol de orientar, lo cual es un factor muy favorable.

5.1.1. Ventajas

El asfalto se presta particularmente bien para la construcción de calzadas por varias razones:

- Proporciona una buena unión y cohesión entre agregados, incrementando por ello la resistencia con la adición de espesores relativamente pequeños.

- Capaz de resistir la acción mecánica de disgregación producida por las cargas de los vehículos.

- Impermeabiliza la estructura del pavimento, haciéndolo poco sensible a la humedad y eficaz contra la penetración del agua proveniente de las precipitaciones.

- Proporciona una estructura de pavimento con características flexibles. En la mayoría de los casos, al asfalto utilizado para pavimentar las calles, es el residuo de las refinerías después de haber destilado del petróleo crudo una gran cantidad de otros productos.

- Si bien su costo y programación este sujeto a un factor externo como lo es el CBR, nuestro país y principalmente la región Metropolitana, cuenta con las condiciones de suelo necesarias para posicionarlo como la mejor opción.

- Posee una rápida puesta en marcha sin necesidad de aditivos, a diferencia de otros materiales, no necesita un periodo de terminación posterior a la finalización de su construcción.

5.1.2. Desventajas

La principal desventaja del asfalto es la falta de conocimientos con relación a sus aplicaciones y a la evolución que ha tenido a lo largo del tiempo gracias a los estudios y descubrimientos que se han hecho en relación con él.

Se puede decir que, si bien la construcción de calzadas asfálticas en Chile supera a las de cualquier otro material, estas no tienen el impacto que deberían tener en el ámbito de la construcción, es decir, no se le otorga la real importancia que un material como este posee.

Si el Asfalto tuviese la popularidad del hormigón, y fuera estudiado con la misma intensidad que este, se lograrían resultados mucho mejores, dado que la principal carencia que posee el Asfalto es la falta de profesionales expertos en su área.

En relación con el diseño de los pavimentos en zonas urbanas, la gran desventaja es depender de un factor externo como lo es el CBR.

5.2.3. Limitaciones de la Investigación

Las limitaciones que se presentaron en esta investigación fueron las siguientes:

- La gran cantidad de subtemas que están relacionados al tema central, impidiendo abordarlos todos en profundidad, como, por ejemplo, el reciclaje de asfalto en Chile y el Mundo.

- Difícil acceso a los antecedentes vinculados al asfalto en nuestro país; Chile contaba con el Instituto Nacional del Asfalto, el cual tuvo que cerrar por faltas de recursos, “perdiéndose” una gran cantidad de información que pudo ser relevante con esta investigación.

REFERENCIAS

- A.S. (2016). *Todo queda en Casa*. Obtenido de <http://todoquedaencasa.com/puede-reciclarse-asfalto/>
- Aconcret. (2019). *Aconcret*. Obtenido de <https://aconcret.cl/web/index.php/portfolio/solera-zarpa-manquehue/>
- Aldana, J. (2018). *Aula Carreteras*. Obtenido de <https://www.aulacarreteras.com/riegos-asfalticos-construccion-firmes/>
- AloRental. (2019). *AloRental*. Obtenido de <http://www.alorental.cl/index.php/camion-aljibe/>
- Amperio. (2018). *Amperio*. Obtenido de <http://www.grupopampeiro.com/es/productos-y-servicios/asfalto-y-drenaje/ldaregador-de-asfalto-2/>
- ARQ. (2018). Obtenido de <http://arqa.com/arquitectura/proyectos/concurso-playa-ferroviaria-caballito-1er-premio.html>
- Autocosmos.com. (2018). *Autocosmos.com*. Obtenido de <https://noticias.autocosmos.cl/2012/07/19/shacman-estrena-nuevo-camion-en-chile>
- BITUMIX. (2019). *Capacitacion Ingenieria vial 01.90*.
- Cáceres, R. (2016). Registro personal.
- Cáceres, R. (2017). Obra Conservacion Alhue. Obtenido de https://www.vozpopuli.com/economia-y-finanzas/empresas/Fomento-operacion-asfalto-obras-carreteras_0_1058895335.html
- Carlos, L. (2019). *Estudio de mecánica de suelos vías*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos100/estudio-mecanica-suelos-vias/estudio-mecanica-suelos-vias.shtml>
- Carrasco, K. (2018). *OBRAS DE URBANIZACIÓN: NORMATIVA Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS*.
- Catalogo de Equipos Caterpillar. (2018). *Catalogo de Equipos Caterpillar*. Obtenido de www.cat.com/es_US/products/new/equipment.html
- Catalogo de Equipos Emaresa. (2018). *Emaresa*. Obtenido de <http://www.emaresa.cl/construccion/index.php/linea-equipos-de-construccion>
- CatalogoArquitectura. (2019). *Clasificación de las vías, líneas oficiales y líneas de edificación según la OGUC*. Obtenido de <https://www.catalogoarquitectura.cl/cl/blog/clasificacion-de-las-vias-lineas-oficiales-y-lineas-de-edificacion-segun-la-oguc>
- Cisneros, D. (2019). *Teitter*. Obtenido de <https://twitter.com/daniel61sneros/status/949292317114077185?lang=ar>

- CONASET. (s.f.). *Manual de Señalización de Tránsito*. Obtenido de <https://www.conaset.cl/manualsenalizacion/default.html#verticales>
- Coro Market. (2018). *Coro Market*. Obtenido de Coro Market: <https://www.coromarket.com/producto/barredora-magnum/>
- Derpet. (2019). *Constructora Derpet*. Obtenido de <http://derpet.com.pa/servicios/sistema-vial/materiales-sub-base-y-capa-base/>
- Dimensionamiento y Características de la Red Vial Nacional. (2017). *Dimensionamiento y Características de la Red Vial Nacional*.
- DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS. (2001). *PLAN MAESTRO DE EVACIACION Y DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS DEL GRAN SANTIAGO*.
- DUBOIS. (2019). *DUBOIS*. Obtenido de <https://www.dubois.cl/proyectos/barrio-frances-versalles/>
- E-ASFALTO. (2019). *E-ASFALTO*. Obtenido de <https://e-asfalto.com/equipos-laboratorio-asfalto/>
- EU Instalaciones. (2019). *EU Instalaciones*. Obtenido de <http://www.euinstalaciones.es/el-ciclo-del-agua-asi-llega-a-los-hogares/>
- Fundacion Decide. (2001). *Ubicacion y loteo de terrenos del Regimiento Pudeto*. Obtenido de <http://revistaplano.cl/2017/03/22/el-acuerdo-de-chena-y-el-regimiento-pudeto-opportunidades-de-un-nuevo-desarrollo-local/>
- Fundacion Gasco. (2019). *Gasco*. Obtenido de http://www.gascoeduca.cl/Maqueta/gas_04.html#p0
- Gallardo, J. (2019). *CBR inalterado*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos90/cbr-inalterado/cbr-inalterado.shtml>
- García, J. A. (2019). *Diccionario de Heponimos*. Obtenido de <http://dicci-eponimos.blogspot.com/2010/04/gilsonita.html>
- Gonzalez, A. (2019).
- Guerrero, S. (2015). *BUENAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS EN LA APLICACIÓN DE RIEGO DE LIGA PARA LA COLOCACIÓN*.
- Hidalgo, E. (2019). Obtenido de https://www.taringa.net/+info/la-gigantesca-trampa-mortal-de-los-lagos-de-asfalto_rtcjg
- Hugo. (2012). *El módulo de reacción de subrasante en el diseño de pavimentos*. Obtenido de http://libro-pavimentos.blogspot.com/2012/01/el-modulo-de-reaccion-de-subrasante-en_17.html
- iAgua. (2019). *iAgua*. Obtenido de Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible versus Cambio Climático: <https://www.iagua.es/blogs/ana-abellan/cambio-climatico-y-suds>

- Ing. Civil. (2019). *Cueva del Ingeniero Civil*. Obtenido de <https://www.cuevadelcivil.com/2011/03/motoniveladoras-equipo-para-la.html>
- Ingenieros S.A. (2019). *Generador de Precios*. Obtenido de http://www.generadordeprecios.info/espacios_urbanos/Acondicionamiento_del_terreno/AC_Movimiento_de_tierras_en_obra_/Excavaciones/ACE020_Excavacion_de_apertura_y_ensanche_d.html
- Julioade. (2019). *Globedia.com. El Diario Colaborativo*. Obtenido de http://cl.globedia.com/terracerias_1
- Lanamme. (s.f.). *Método estándar de ensayo para el efecto del calor y el aire en una película de asfalto en movimiento (Ensayo del horno rotatorio de película delgada)*.
- Madisa Cat. (2018). *Madisa Cat*. Obtenido de <http://www.madisa.com/productos/equipo-ligero/todo/todo>
- MAJAGA. (2019). *MAJAGA*. Obtenido de <https://www.majaga.cl/Productos.html>
- Makita. (2018). *Makita*. Obtenido de <http://www.makita.cl/sopladora-inalambrica-dub362/>
- MiCasaBosque. (2019). *Mi casa Bosque*. Obtenido de <http://www.micasabosque.cl/proyecto-y-precios/>
- Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción . (2007). *REGLAMENTO DE INSTALACIONES INTERIORES Y MEDIDORES DE GAS*.
- Ministerio de Obras Publicas. (2003). *REGLAMENTO DE INSTALACIONES DOMICILIARIAS Y DE ALCANTARILLADO*.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2018). *CÓDIGO DE NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBRAS DE PAVIMENTACIÓN*.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2018). *Ley General de Urbanismo y Construcciones*.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2018). *Vol 1 Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación*. Santiago: División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional – Ditec, Minvu.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2018). *Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias*.
- Ministerio de Economía, Fomento Y Reconstrucción. (2009). *NCH ELEC. 2/84. ELECTRICIDAD. ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE PROYECTOS*.
- MINVU. (2019). *MINVU*. Obtenido de http://www.minvu.cl/opensite_20070307160114.aspx
- MOP-DGOP-Dirección de Vialidad. (2015). *Manual de Carreteras Vol 5 Especificaciones Técnicas Generales de Construcción*. Chile.

- Nadal, D. (2019). *Davis Nadal Profe*. Obtenido de Davis Nadal Profe:
<http://davidnadalprofe.blogspot.com/2017/03/2-les-provincies-dhispania.html>
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones*. (2018).
- Pellini, C. (2019). *Historia y Biografías*. Obtenido de Historia y Biografías:
https://historiaybiografias.com/via_romana/
- Peterson, J. (2019). *Motores y Carreteras*. Obtenido de
https://jluisgsa.blogspot.com/2018/11/como-hemos-llegado-los-actuales-firmes_19.html
- Santamaría, F. (2019). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS CON POLÍMEROS TIPO SBR EN EL DISEÑO DE MICROPAVIMENTOS EMPLEANDO AGREGADOS DE LAS CANTERAS DE GUAYLLABAMBA Y SAN ANTONIO*.
- Secretaria de Comunicaciones y Transportes. (s.f.). *CTR.CONSTRUCCION*.
- Serve Real Instruments Co., L. (2019). *Serve Real Instruments Co., Ltd*. Obtenido de
<http://www.equipo-de-ensayo.com/asphalt-testing-equipment/asphalt-lab-equipment/asphalt-moisture-content-tester.html>
- SERVIU. (2019). *CAP. Nº 4 DISEÑO Y EJECUCIÓN DE CICLOVÍAS*.
- SERVIU. (2019). *DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS*.
- Subdirección de Desarrollo. (2017). *Red Vial Nacional Condiciones y Características*.
- TECNOLOGIA. (2019). *TECNOLOGIA*. Obtenido de
<https://www.areatecnologia.com/materiales/deformacion-elastica.html>
- Tipos de Fallas en Pavimento Flexible*. (2014). Obtenido de
<http://fallasenpavimentoflexible.blogspot.com/2014/05/tipos-de-fallas-en-pavimento-flexible.html>
- Tonda, M. (2019). *Monografías*. Obtenido de
<https://www.monografias.com/trabajos15/asfaltos-modificados/asfaltos-modificados.shtml>
- Trasca. (2018). *Trasca Cat*. Obtenido de Trasca Cat:
<http://www.trasca.com.mx/marcas/wacker-neuson/productos/cortadoras-de-juntas>
- UnSurcoEnLaSombra. (2019). *Un Surco En La Sombra*. Obtenido de Un Surco En La Sombra:
<http://www.unsurcoenlasombra.com/por-que-los-romanos-no-ponian-curvas-en-sus-carreteras-o-casi/>
- Urban area or geography. (2018). *14th ANNUAL EDITION Urban area or geography*.
- URBANO, O. (s.f.). *Déficit habitacional por región CENSO 2002*.

USFX. (2019). *LABORATORIO DE SUELOS*. Obtenido de <https://civil.usfx.bo/venta-de-servicios-lab-suelos/>

Veas, D. L. (2019). *Pontificia Universidad Catolica de Chile*. Obtenido de http://www7.uc.cl/sw_educ/construccion/urbanizacion/html/marco.html

Vera, M. (2019). *Perfil del Suelo*. Obtenido de http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/27052011/df/es-an_2011052713_9102738/ODE-88208bf5-9eae-3ce8-aef1-cee9b8c9b002/3_perfil_del_suelo.html

Wpadmin. (2015). *Megarok*. Obtenido de <http://megarok.com.ec/web/portfolio-item/sub-base-clase-3/>

SOLO USO ACADÉMICO