



**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN OBRAS CIVILES**

**“METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE REVISIÓN PARA  
ELABORACIÓN DE ESTUDIOS VIALES URBANOS”**

**JAVIER HERNÁN ALBARRÁN BARBOSA**

**2019**





**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN OBRAS CIVILES**

**“METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE REVISIÓN PARA  
ELABORACIÓN DE ESTUDIOS VIALES URBANOS”**

**TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO  
DE INGENIERO CIVIL**

PROFESOR GUÍA : GERALD ANTONIO GONZALEZ RIVERA  
PROFESOR CO-GUÍA : MAXIMILIANO LIZANA MALDONADO

**JAVIER HERNÁN ALBARRÁN BARBOSA**

**2019**

**METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE REVISIÓN PARA ELABORACIÓN DE  
ESTUDIOS VIALES URBANOS**

**JAVIER HERNÁN ALBARRÁN BARBOSA**

**COMISIÓN EXAMINADORA**

**GERALD GONZALEZ RIVERA**  
**Profesor Guía**

**MAXIMILIANO LIZANA MALDONADO**  
**Profesor Co-Guía**

**ELISA GALLARDO ARRIAGADA**  
Académico Evaluador

**Calificación trabajo escrito :**

**Calificación examen :**

**Calificación final :**

## **Resumen**

Dentro del desarrollo de los estudios viales urbanos, la revisión de estos es un proceso muy importante, pues es la instancia para corroborar que los proyectos sean diseñados como lo indica La Ley o las normas bajo las cuales estos se rigen. Es por esto que es de suma importancia que las revisiones sean llevadas a cabo de manera correcta, pero a la vez de manera eficiente, y es aquí donde aún hoy en día es posible generar optimizaciones y generar un aporte dentro de la revisión de estudios de vialidad urbana. En base a lo mencionado el siguiente informe presenta como objetivo principal elaborar una metodología con criterios de revisión de estudios viales urbanos dentro de la Oficina de Desarrollo de Infraestructura Vial de SERVIU Región de La Araucanía, siendo necesario para la realización de esto la definición de criterios de revisión actuales a través de los términos de referencia de los distintos organismos revisores del Estado de Chile, definir estándares de productos por etapa de proyecto y sus contenidos técnicos y finalmente diagnosticar la convergencia entre los requerimientos mínimos de diseño entre los resultados en ejecución y un proyecto ya finalizado.

Para la materialización de esta metodología fue de mucha ayuda haber estado inmerso en la Oficina de Desarrollo de Infraestructura Vial, pues se lograron comprender los procesos de mejor manera, identificar problemas y criterios de revisión, cosas que de haber sido realizado solo mediante la investigación probablemente no habría sido posible detectar.

En base a lo investigado y trabajado dentro de la práctica profesional controlada, se logró formular la metodología contrarrestando los resultados entregados en estudios viales anteriores con lo exigido en los términos de referencia revisados, teniendo como resultado criterios de revisión e información pertinente a la gestión de la revisión por parte de otras oficinas o entidades. Además, se detectaron ciertas posibles mejoras en cuanto a la revisión, las cuales serían de utilidad para evitar problemas a futuro, mientras son ejecutadas las obras proyectadas.

## Índice de Contenidos

|  |    |
|--|----|
| Capítulo 1. Introducción.....  | 1  |
| 1.1 Descripción del Problema.....  | 1  |
| 1.2 Objetivos.....   | 2  |
| 1.2.1 Objetivo General.....  | 2  |
| 1.2.2 Objetivos Específicos.....   | 2  |
| Capítulo 2. Antecedentes Generales.....  | 4  |
| 2.1 Proyectos Viales.....  | 4  |
| 2.1.1 Proyectos estructurales.....   | 5  |
| 2.1.2 Proyectos no estructurales.....  | 6  |
| 2.2 Precisión de Proyectos.....  | 7  |
| 2.3 Situaciones Base.....  | 8  |
| Capítulo 3. Metodología.....   | 11 |
| 3.1 Definición de los Criterios de Revisión Actuales.....  | 12 |
| 3.2 Definición Estándares de Productos y sus contenidos técnicos.....                                | 14 |
| 3.3 Diagnostico Convergencia entre requerimientos mínimos y resultados de un estudio finalizado..... | 15 |
| 3.4 Elaboración Documento propuesto.....   | 16 |
| Capítulo 4. Resultados y Discusión.....  | 18 |
| 4.1 Resultados obtenidos de la Definición de Criterios de Revisión Actuales.....                     | 18 |
| 4.2 Resultados obtenidos a partir del Proceso de Revisión de Documentación Específica..              | 20 |
| 4.2.1 Diseño Geométrico.....   | 20 |
| 4.2.2 Diseño de Pavimentos.....  | 21 |
| 4.2.3 Proyecto de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias.....   | 22 |
| 4.2.4 Estructuras Menores.....   | 23 |
| 4.3 Resultados obtenidos a partir de la Revisión de Estudios Viales Urbanos ya realizados            | 23 |
| 4.4 Resultados obtenidos a partir de la elaboración del documento propuesto.....                     | 27 |
| Capítulo 5. Conclusiones.....  | 36 |
| Referencias.....   | 39 |
| Anexos.....  | 40 |
| Anexo A.....   | 40 |
| 1. Objetivo.....   | 41 |
| 2 Descripción.....   | 41 |
| 3 Antecedentes.....  | 43 |
| 3.1 Topografía.....  | 44 |
| 3.2 Mecánica de Suelos.....  | 44 |
| 3.3 Estudio de Transporte.....   | 45 |
| 3.4 Monografías.....   | 45 |
| 4 Revisión.....  | 47 |
| 4.1 Diseño Geométrico.....   | 47 |
| 4.1.1 Trazado en Planta:.....  | 49 |
| 4.1.2 Trazado en Elevación.....  | 57 |
| 4.2 Diseño de Pavimentos.....  | 60 |
| 4.2.1 Pavimentos Flexibles.....  | 61 |
| 4.2.2 Pavimentos Rígidos.....  | 64 |
| 4.3 Proyecto de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvia.....  | 67 |
| 4.3.1 Caracterización hidrológica.....   | 68 |
| 4.3.2 Transporte en Calles y Sumideros.....  | 76 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.3.3 | Colectores .....   | 87  |
| 4.4   | Estructuras Menores .....                                      | 90  |
| 4.4.1 | Muros de contención .....                                      | 90  |
| 4.4.2 | Estructuras Enterradas Tipo Marco o Cajón.....                 | 93  |
| 5     | Gestión.....   | 95  |
| 5.1   | Proyecto de Desvíos de Tránsito .....                          | 95  |
| 5.2   | Proyecto de SemafORIZACIÓN, Sincronismo y Comunicaciones ..... | 96  |
| 5.3   | Proyecto de Señalización y Demarcación.....                    | 96  |
| 5.4   | Proyecto de Modificación de Servicios .....                    | 97  |
| 5.5   | Proyecto de Iluminación .....                                  | 97  |
| 5.6   | Proyecto de Arquitectura y Paisajismo .....                    | 98  |
| 5.7   | Proyecto de Riego.....   | 99  |
| 5.8   | Proyecto de Expropiaciones.....                                | 99  |
| 5.9   | Proyecto de Puentes .....                                      | 100 |
| 5.10  | Estudios Territoriales y Ambientales .....                     | 100 |
| 5.11  | Cubicaciones y Presupuestos .....                              | 100 |
| 5.12  | Intervención de Cauces .....                                   | 101 |

## Índice de Tablas Anexo A

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 4.4.1.</b> Resumen del contenido de Antecedentes dentro del documento propuesto.....  | 28 |
| <b>Tabla 4.4.2.</b> Resumen especialidad de Diseño Geométrico correspondiente a sección de revisión del documento. ....                                      | 29 |
| <b>Tabla 4.4.3.</b> Tabla Resumen especialidad de Diseño de Pavimentos correspondiente a sección de revisión del documento.....                              | 29 |
| <b>Tabla 4.4.4.</b> Tabla Resumen especialidad de Proyecto de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias correspondiente a sección de revisión del documento..... | 30 |
| <b>Tabla 4.4.5.</b> Tabla Resumen especialidad de Estructuras Menores correspondiente a sección de revisión del documento.....                               | 30 |
| <b>Tabla 4.4.6.</b> Resumen sección de gestión del documento propuesto.....  | 31 |
| <b>Tabla 4.4.7.</b> Ficha de verificación para sección de antecedentes. ....   | 33 |
| <b>Tabla 4.4.8.</b> Ficha de verificación para sección de Revisión.....  | 33 |
| <b>Tabla 4.4.9.</b> Ficha de Verificación para sección de gestión. ....  | 34 |
| <b>Tabla A.4.1.1.</b> Parámetros de Diseño Alineamiento Horizontal. ....   | 47 |
| <b>Tabla A.4.1.2.</b> Parámetros de Diseño Alineamiento Vertical.....  | 48 |
| <b>Tabla A.4.2.1.</b> índices de Serviciabilidad de pavimentos.....  | 62 |
| <b>Tabla A.4.2.2.</b> Vida de Diseño de pavimentos según tipo de vía. ....   | 62 |
| <b>Tabla A.4.2.3.</b> Cartilla de Diseño para Vías de Servicio Locales y pasajes con base y sub base no estabilizadas.....                                   | 63 |
| <b>Tabla A.4.2.4.</b> Cartilla de diseño para Vías Locales y Pasajes, con base y sub base estabilizadas. ....  | 64 |
| <b>Tabla A.4.2.5.</b> Cartilla de Diseño Para Pavimentos de Hormigón. ....   | 66 |
| <b>Tabla A.4.3.1.</b> Características Principales que definen tormenta de diseño.....  | 68 |
| <b>Tabla A.4.3.2.</b> Coeficientes de Frecuencia para Temuco. Fuente: Plan Maestro de Temuco. ....   | 69 |
| <b>Tabla A.4.3.3.</b> Coeficientes de Duración para Temuco. Fuente: Plan Maestro de Temuco.....  | 69 |
| <b>Tabla A.4.3.4.</b> Coeficientes n de Manning según Superficie. ....   | 73 |
| <b>Tabla A.4.3.5.</b> Coeficientes de escorrentía para zonas ya urbanizadas. ....  | 73 |
| <b>Tabla A.4.3.6.</b> Coeficientes de escorrentía para zonas de nuevas urbanizaciones. ....  | 74 |
| <b>Tabla A.4.3.7.</b> Condiciones máximas de inundación para tormenta de diseño. ....  | 76 |
| <b>Tabla A.4.3.8.</b> Condiciones máximas de inundación para tormentas de verificación. ....   | 76 |
| <b>Tabla A.4.3.9.</b> Capacidades de conducción para cunetas (1). ....   | 81 |
| <b>Tabla A.4.3.10.</b> Capacidades de conducción para cunetas (2). ....  | 82 |
| <b>Tabla A.4.3.11.</b> Características y eficiencias de captación sumideros. ....  | 86 |
| <b>Tabla A.4.3.12.</b> Coeficiente n de Manning para Colectores.....   | 88 |
| <b>Tabla A.4.4.1.</b> Factores de Seguridad al Volcamiento. ....   | 91 |
| <b>Tabla A.4.4.2.</b> Factores de Seguridad al Deslizamiento.....  | 92 |
| <b>Tabla A.5.6.1.</b> Contenido Proyecto de Paisajismo. ....   | 98 |

## Índice de Figuras

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 2.1.</b> Clasificación de proyectos Según su Impacto de Demanda. Fuente: MESPIVU, 2013.<br>.....   | 5   |
| <b>Figura 2.2.</b> Información mínima requerida para el correcto avance de un estudio. Fuente: MESPIVU, 2013, Elaboración propia. ....             | 9   |
| <b>Figura 3.1.</b> Secuencia actividades realizadas para cumplimiento objetivos. Fuente: Elaboración propia. ....                                  | 11  |
| <b>Figura 4.1.</b> Clasificación Especialidades Estudios Viales según tipo de revisión. Fuente: Elaboración Propia. ....                           | 19  |
| <b>Figura 4.2.</b> Ejemplo Presentación de Puntos Singulares. Fuente: Estudio Mejoramiento Av. Luis Durand, Temuco. ....                           | 24  |
| <b>Figura 4.3.</b> Ejemplo Cuadro de Coordenadas para un Eje de Replanteo. Fuente: Estudio Mejoramiento Av. Luis Durand, Temuco. ....              | 24  |
| <b>Figura 4.4.</b> Presentación en planta de distintos elementos del diseño geométrico. Fuente: Estudio Mejoramiento Av. Luis Durand, Temuco. .... | 25  |
| <b>Figura 4.5.</b> Puntos Singulares de un dispositivo especial. Fuente: Estudio Mejoramiento Av. Luis Durand, Temuco. ....                        | 25  |
| <b>Figura 4.6.</b> Perfil Tipo con todos sus elementos. Fuente: Estudio Mejoramiento Av. Luis Durand, Temuco. ....                                 | 26  |
| <b>Figura 4.7.</b> Representación de Perfiles Longitudinales. Fuente: Estudio Mejoramiento Av. Luis Durand, Temuco. ....                           | 26  |
| <b>Figura 4.8.</b> Representación Perfiles Transversales. Fuente: Estudio Mejoramiento Av. Luis Durand, Temuco. ....                               | 27  |
| <b>Figura 4.9.</b> Diagrama de Flujo de Clasificación de especialidades y procedimiento a seguir. Fuente: Elaboración propia. ....                 | 32  |
| <b>Figura A.2.1.</b> Diagrama de flujo sugerencia proceso de revisión estudio vial dentro de la ODIV. ....   | 43  |
| <b>Figura A.5.1.</b> Información Mínima de Tabla de Presupuestos. ....   | 101 |

## Índice de Figuras Anexo A

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura A.4.1.1.1.</b> Ejemplo Descripción de Puntos Singulares .....  | 50 |
| <b>Figura A.4.1.1.2.</b> Ejemplo cuadro de coordenadas para un Eje de Replanteo .....  | 53 |
| <b>Figura A.4.1.1.3.</b> Presentación en planta de distintos elementos del diseño geométrico.....  | 54 |
| <b>Figura A.4.1.1.4.</b> Puntos Singulares de un dispositivo especial.....   | 54 |
| <b>Figura A.4.1.1.5.</b> Puntos de Perfiles del Eje de Replanteo.....  | 55 |
| <b>Figura A.4.1.1.6.</b> Perfil Tipo con todos sus elementos. ....   | 56 |
| <b>Figura A.4.1.2.1.</b> Representación de Perfiles Longitudinales .....   | 58 |
| <b>Figura A.4.1.2.2.</b> Representación Perfiles Transversales.....  | 59 |
| <b>Figura A.4.3.1.1.</b> Mapa de Isoyetas Ciudad de Los Ángeles. Fuente: Dirección General de Aguas.<br>.....  | 70 |
| <b>Figura A.4.3.2.1.</b> Alternativa de Sección Transversal en Pasajes. ....   | 77 |
| <b>Figura A.4.3.2.2.</b> Alternativa de sección trasnversal en vías locales y de servicio con coronamiento<br>en el centro y cuneta a ambos lados de la calzada.....   | 78 |
| <b>Figura A.4.3.2.3.</b> Alternativa de sección trasnversal en vías locales y de servicio con cuneta a un<br>solo lado de la calzada, opcionalmente la cuneta puede ser diseñada fuera de la calzada. ....     | 78 |
| <b>Figura A.4.3.2.4.</b> Alternativa de sección trasnversal en vías colectoras y troncales con cuneta al<br>centro de la calzada y un bandejoón central para conducir las aguas lluvias en zanja abierta. .... | 79 |
| <b>Figura A.4.3.2.5.</b> Geometría transversal de la cuneta simple.....  | 80 |
| <b>Figura A.4.3.2.6.</b> Esquema del escurrimiento a cuneta llena. ....  | 82 |
| <b>Figura A.4.3.2.7.</b> Sumidero Horizontal. ....   | 83 |
| <b>Figura A.4.3.2.8.</b> Sumidero Lateral. ....  | 83 |
| <b>Figura A.4.3.2.9.</b> Sumidero Mixto. ....  | 84 |
| <b>Figura A.4.3.2.10.</b> Capacidad Máxima de sumideros según altura de escurrimiento. ....  | 85 |

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN**

## **Capítulo 1. Introducción**

### **1.1 Descripción del Problema**

Un estudio de vialidad urbana, por más pequeño que sea, contempla diferentes ramas de la ingeniería civil y además otras especialidades relacionadas con el proyecto, las cuales, si bien en el estudio se involucran, sus requisitos o parámetros de diseño no están directamente relacionados.

Estos estudios se subdividen en etapas, llamadas fases, las cuales se enfocan en distintas especialidades que van siendo requeridas a medida que el proyecto avanza y las fases anteriores son aprobadas. En caso de existir observaciones tras una revisión, estas deben ser corregidas y nuevamente chequeadas para la continuidad del estudio.

Las fases contemplan desde el estudio de prefactibilidad hasta la entrega total del proyecto. En la primera de ellas, se obtiene la información preliminar con el fin de comparar la situación actual de la zona en estudio con la situación con proyecto que es generada a partir de una modelación y calibración de la información preliminar. La etapa final contempla la entrega de la totalidad del proyecto, el cual incluye: planos finales, memorias de cálculo, especificaciones técnicas de todas las especialidades, antecedentes de licitación, cubicaciones y presupuestos por especialidad, evaluación social e informes definitivos de todas las especialidades.

Cabe destacar, que antes de la ejecución de la obra debe existir una aprobación previa del estudio de prefactibilidad, comparando los beneficios para la población durante todo el horizonte del proyecto con el costo que este conlleva. Estos beneficios contemplan el tiempo ahorrado en cada viaje de la zona de incidencia, las mejoras en la accesibilidad universal, la implementación de ciclovías y áreas verdes, que en conjunto mejoran la calidad de vida de las personas y actualmente son cada vez más consideradas en estos estudios.

En la actualidad existen normas y recomendaciones para el diseño geométrico de pavimentos y obras de aguas lluvias, los que indican parámetros mínimos y máximos dependiendo de ciertas condiciones de cada proyecto en particular como lo son, por ejemplo, la velocidad de diseño o el tipo de vía que será proyectada (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018).

Considerando lo mencionado anteriormente, en el presente no existe un documento que especifique como abordar la revisión de los estudios viales urbanos que a la vez involucre todas las especialidades relacionadas en un proyecto vial urbano y su interacción. Un documento de este tipo permitiría abordar distintos criterios tanto técnicos como jurídicos y administrativos para las

distintas problemáticas reales que se suscitan en la elaboración de los proyectos viales urbanos, abarcando situaciones que no se definen en las recomendaciones actuales de diseño, lo que respondería a la interrogante de: ¿Cómo aplicar y qué hacer en estos casos?

Es por esto que sería una importante contribución la formulación y proposición de uso en estudios viales urbanos dentro de la Oficina de Desarrollo de Infraestructura Vial (ODIV) de SERVIU Región de La Araucanía una metodología para la revisión y elaboración de estudios viales urbanos. Lo anterior permitirá generar una optimización en el proceso de revisión para el organismo revisor. Asimismo, la existencia de este documento sería de gran utilidad para la elaboración de estudios de vialidad urbana, debido a que reduciría los tiempos de transición entre fases para obtener así una pronta aprobación y finalmente concretar la ejecución de estos proyectos.

### **1.2 Objetivos**

#### **1.2.1 Objetivo General**

- Formular una metodología que provea de criterios para revisión de Estudios Viales Urbanos.

#### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Definir los criterios de revisión actuales a través de los requerimientos mínimos inmersos en los términos de referencia de los distintos organismos revisores del Estado de Chile.
- Definir estándares de productos por etapa de proyecto y sus contenidos técnicos.
- Diagnosticar la convergencia entre los requerimientos mínimos de diseño entre resultados en ejecución y los resultados de un proyecto finalizado.
- Realizar el documento y metodología.

# **CAPÍTULO 2**

## **ANTECEDENTES**

## **Capítulo 2. Antecedentes Generales**

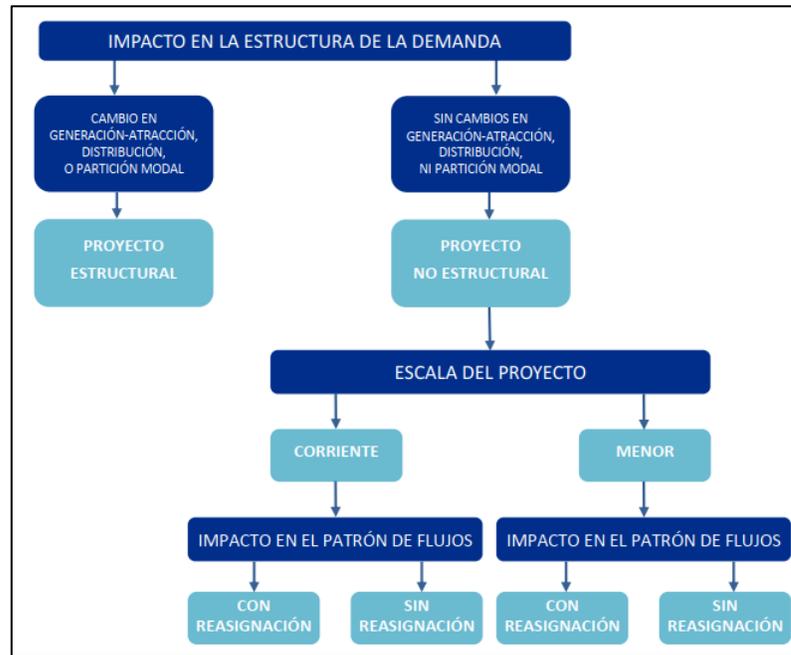
Un estudio vial urbano surge por la necesidad de mejorar algún problema en el sistema de transporte detectado en alguna zona determinada de una ciudad o localidad, donde debe darse una correcta justificación y posterior evaluación de las posibles alternativas a desarrollar para dar solución a la necesidad detectada, siendo elegida la opción más conveniente (Secretaría de Planificación de Transporte - Ministerio de Desarrollo Social, 2013).

Para un correcto desarrollo del proyecto es de suma importancia la recolección de información, con la cual se pueda representar de manera correcta la situación de transporte, en términos de oferta, demanda y además del sistema de actividades económicas vinculado. Esta importancia de la recolección adecuada de información se explica porque de no ser realizada correctamente, por más bien que sea evaluado el estudio, posiblemente no se daría solución al problema detectado.

En la práctica se observa que existen ocasiones en las que, si bien se evalúan correctamente los proyectos, estos no responden adecuadamente a los problemas identificados o se falla en su ejecución por aparecer restricciones o condicionantes no detectadas oportunamente. El origen de estos problemas puede provenir, entre otros factores, de situaciones físicas o ambientales en el área de intervención que no fueron correctamente identificadas. La realización de un buen diagnóstico y la inclusión de los actores afectados e interesados en el proyecto de manera temprana forma parte importante de esta metodología, pues permite adecuado conocimiento de las restricciones o condicionantes detectadas (Secretaría de Planificación de Transporte - Ministerio de Desarrollo Social, 2013) .

### **2.1 Proyectos Viales**

Los proyectos viales urbanos son clasificados según su impacto en la estructura de demanda, estos pueden ser clasificados como proyectos estructurales, los cuales producen un cambio en la generación – atracción, distribución o partición modal, y proyectos no estructurales, los cuales mantienen sin alterar estos parámetros. Dentro de los últimos estos se pueden dividir según la escala del proyecto, como corriente o menor dividiéndose cada uno de estos según el impacto en el patrón de flujos, lo cual queda descrito mejor en la siguiente ilustración:



**Figura 2.1.** Clasificación de proyectos Según su Impacto de Demanda. Fuente: MESPIVU, 2013.

El punto 2.1.2 “Clasificación de proyectos según su impacto de demanda” del Manual de Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana (MESPIVU, 2013) presenta de manera más detallada la clasificación de los tipos de proyectos descritos anteriormente:

### 2.1.1 Proyectos estructurales

Corresponden a cualquier intervención sobre la red urbana de transporte que genera, como uno de sus principales impactos, variaciones significativas en la estructura de la demanda de viajes (generación-atracción, distribución o partición modal), aspecto que debe ser valorado por el analista.

Existen distintos tipos de intervención considerados en esta clasificación. Por un lado, están los Proyectos de Infraestructura, los cuales por su magnitud y cobertura generan impactos significativos en la estructura de la demanda de viajes, por ejemplo, una nueva línea de metro. Existen además los proyectos considerados de gestión, los que, a nivel estructural, se orientan a la gestión de la demanda, es decir, consisten en acciones que buscan modificar el comportamiento de los usuarios en relación a la decisión de viajar, la hora del viaje, a dónde viajar o el modo de transporte elegido. En general, los proyectos estructurales de gestión se enmarcan en el contexto de políticas de transporte con orientaciones específicas, como, por ejemplo, los proyectos de

gestión de estacionamientos (cuando se modifica su disponibilidad o precios en un área importante), si se estima que ello producirá cambios significativos en la estructura de la demanda.

### **2.1.2 Proyectos no estructurales**

Son aquellos cuyo impacto en la estructura de la demanda de viajes no es significativo; es decir, la demanda de viajes por modo en cada período de análisis es la misma en la situación base y en todas las alternativas de proyecto analizadas. Los distintos tipos de intervención que considera esta clase de proyectos son:

Dentro de estos se encuentran por una parte los proyectos de gestión, los cuales corresponden a un conjunto de acciones sobre la infraestructura vial (dispositivos de control de tránsito y el ordenamiento de la circulación de usuarios motorizados y no motorizados) que busca optimizar la operación y capacidad de la vialidad con el fin de generar una circulación eficiente y segura para todos los usuarios de las vías. Dentro de ellos es posible señalar la Gestión de Intersecciones (tipo de regulación, señalización, demarcación, redes de semáforos coordinados, provisión o prohibición de movimientos, pistas de viraje, etc.), Gestión de Vías (señalización, vías reversibles, cambios permanentes o transitorios de los sentidos de tránsito, prioridades para la circulación del transporte público u otros modos de transporte, paraderos), Gestión de estacionamientos (restricción o control de estacionamientos en áreas urbanas, habilitación de nuevos estacionamientos a una escala tal que no generen impactos significativos en la demanda), Facilidades para peatones y bicicletas. Por otra parte, se tienen los Proyectos de Infraestructura, donde las intervenciones están destinadas a modificar las características físicas o geométricas de los elementos que componen la plataforma vial (áreas destinadas al tránsito de vehículos y peatones), como por ejemplo la habilitación de nueva vialidad, modificaciones o ampliaciones de calzadas existentes, corredores de transporte público, rediseño de intersecciones, aceras y ciclovías.

El mismo manual clasifica a los proyectos no estructurales según su escala. Por un lado, son clasificados como Proyectos Menores, en los cuales el monto de inversión es bajo y no presenta grandes incertidumbres, en general se trata de mejoras de infraestructura o proyectos de gestión de tránsito puntuales sobre intersecciones o pequeñas áreas. Por otra parte, están los Proyectos Corrientes, los cuales son aquellos proyectos no estructurales que no clasifican como proyecto menor. Estos proyectos pueden incluir expropiaciones, ampliaciones de eje, estructuras o nuevas vialidades.

El presente trabajo hace referencia a los proyectos de tipo de infraestructura - no estructurales, los cuales no incluyen cambios en la generación - atracción de viajes, distribución o partición modal, pero que con las intervenciones realizadas se tiene como finalidad modificar las características físicas o geométricas de la plataforma vial, con la finalidad de mejorar las condiciones para los usuarios, tanto vehículos como peatones.

## 2.2 Precisión de Proyectos

La precisión del diseño vial dentro de los proyectos del tipo que se analizaran con más detalle es fundamental, y según el MESPIVU este proceso es descrito secuencialmente de la siguiente manera:

- Solución conceptual: Corresponde al nivel más primario en el desarrollo de una idea de proyecto. Su objetivo principal es la identificación de soluciones como respuesta a un objetivo determinado, así como la identificación de sus efectos sobre los principales elementos condicionantes de diseño levantados en el diagnóstico. Se define a partir de descripciones y especificaciones generales del emplazamiento del proyecto vial y de la identificación de obras relevantes y usuarios afectados.

Las inversiones se estiman a través de la asimilación a obras tipo o similares, con inversiones conocidas.

- Prediseño: Se precisa la recopilación de antecedentes y se desarrollan los estudios de base necesarios para conocer las características del espacio en el cual se emplazarán las distintas soluciones. Sobre esta base, se plantean alternativas definiendo las características físicas y operativas, las que se someten a un proceso de simulación y evaluación. Los resultados de dicho proceso permiten priorizar y seleccionar un número reducido de alternativas.

La estimación de inversiones se hace sobre la base de la cuantificación de obras identificadas en memorias, planos y especificaciones desarrollados según las precisiones propias de este nivel de análisis.

- Anteproyecto: Se agrega información al estado anterior del proyecto, complementando y precisando aún más los estudios de base, mediante representaciones gráficas de las materias que hasta ese momento hayan sido consideradas en forma general, y a través de cálculos que precisen la posición, forma y cuantía de las obras representadas.

La estimación de inversiones se efectúa sobre la base de la cuantificación de obras identificadas en memorias, planos y especificaciones desarrollados según las precisiones que le corresponden a este nivel, disminuyendo de esta forma los riesgos asociados a la decisión de inversión.

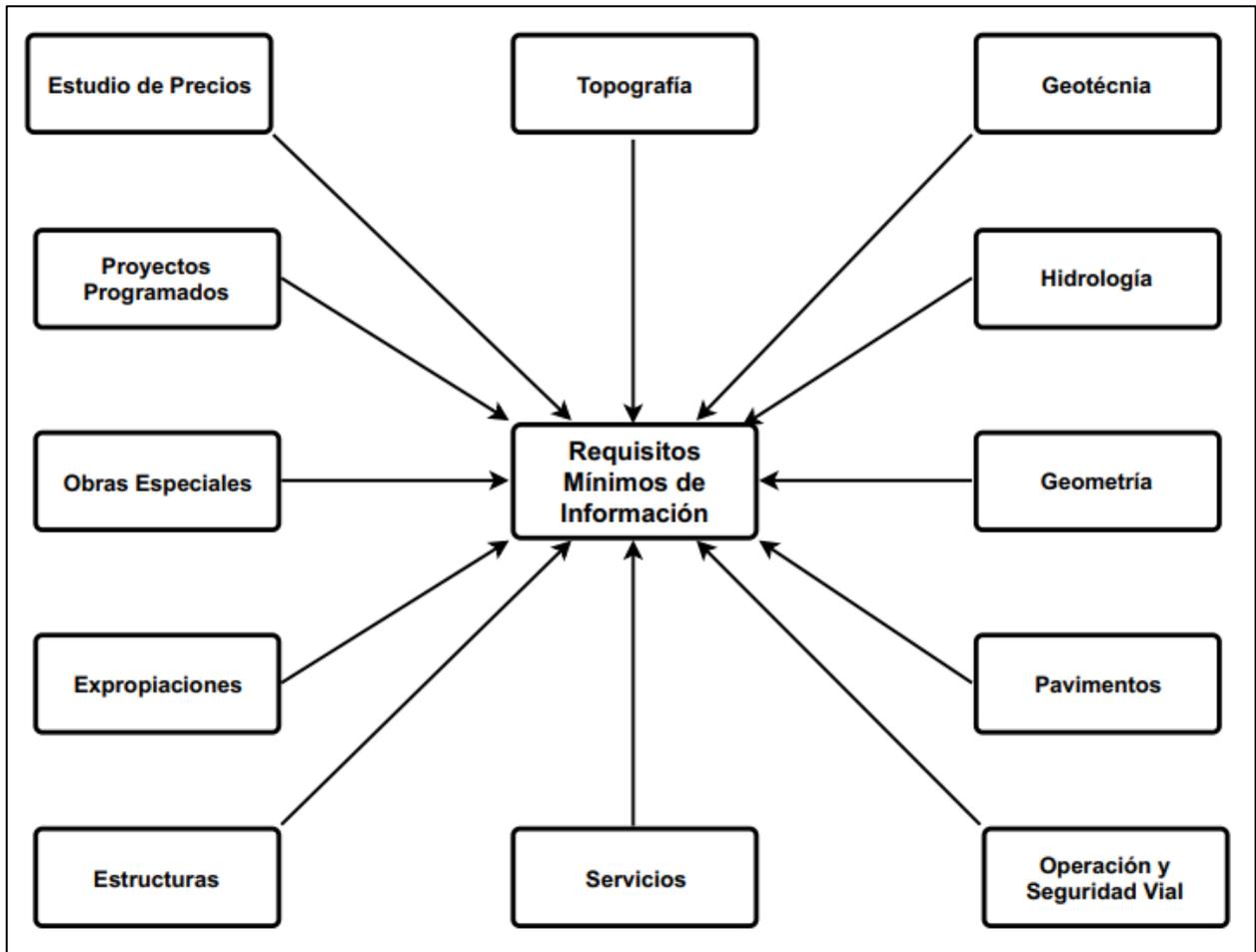
- Ingeniería de detalle: Este nivel de precisión es el exigido en la etapa de diseño, y generalmente tiene lugar una vez tomada la decisión de ejecutar las obras estudiadas.

### **2.3 Situaciones Base**

Para el correcto avance de este proceso secuencial de los proyectos viales es fundamental un estudio de base de infraestructura adecuadamente desarrollado, donde se plantea que es requerida una información detallada de la plataforma vial a intervenir y de sus funcionalidades, y los objetivos significativos existentes sobre y bajo ella. La información necesaria para describir la situación actual, debe ser producida organizada y representada de acuerdo a las necesidades del diseño y debe facilitar la comprobación de las precisiones requeridas (Secretaria de Planificación de Transporte - Ministerio de Desarrollo Social, 2013).

La representación física y funcional de la situación actual en el área de proyecto se denomina Modelo de Situación Actual (MSA), el cual debe representar el espacio público donde será desarrollado el diseño, pues será utilizado como base y referencia para los diversos catastros que el estudio requiera, como lo son, por ejemplo: el uso de suelos, calidad de suelos, tránsito, servicios, estructuras, entre otros. Esto dependerá del nivel de desarrollo que los proyectos deban alcanzar para cada una de las áreas específicas que involucra el estudio.

En el MESPIVU se presenta el mínimo de información requerida perteneciente a distintas materias y su contenido mínimo que debe presentar, la cual queda resumida en la, presentada a continuación:



**Figura 2.2.** Información mínima requerida para el correcto avance de un estudio. Fuente: Elaboración propia.

En base a la información recopilada según los requisitos mínimos o los que sean necesarios dependiendo del proyecto específico es desarrollado el estudio vial urbano pasando por las etapas mencionadas que posteriormente son revisadas por el organismo encargado, en el caso de intervenciones diseño geométrico de vialidad urbana el organismo encargado de la aprobación es el SERVIU y el proceso de revisión es realizado según el avance de las etapas del proyecto.

# **CAPÍTULO 3**

## **METODOLOGÍA**

### Capítulo 3. Metodología

El trabajo llevado a cabo está basado en realizar un aporte a los procesos de revisión dentro de la Oficina de Desarrollo de Infraestructura Vial (ODIV) de SERVIU Región de La Araucanía ubicada en la Ciudad de Temuco, oficina en la cual se estuvo por un período de cuatro meses inmerso en el ambiente laboral, junto al personal que trabaja en dicho espacio. El equipo de trabajo de la ODIV está compuesto por ingenieros civiles e ingenieros en construcción, además del Profesional encargado de la oficina quien es también ingeniero civil.

Dentro de la ODIV se desarrollan dos funciones importantes en los estudios viales urbanos, la primera es la realización del diseño de proyectos de menor envergadura, como por ejemplo el mejoramiento de alguna calle o avenida de interés. La segunda función de importancia de la ODIV es la de revisión y gestión de aquellos estudios de vialidad urbana que son de mayor envergadura y son licitados a empresas o consultores externos, es la oficina encarga de realizar la comunicación por parte del mandante que es SERVIU con el consultor.

En este capítulo se describen las actividades realizadas que fueron necesarias para la elaboración de este trabajo. En primera instancia fueron realizadas tareas de aplicación, identificación y aprendizaje de los estudios viales urbanos. Posteriormente, una vez siendo identificadas y clasificadas las especialidades a estudiar se procedió a la revisión bibliográfica de la normativas y manuales técnicos asociados a cada especialidad.

En la **Figura 3.1** son mencionadas las actividades realizadas con la finalidad del cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos presentados dentro del informe, donde cada color representa a cada objetivo específico en el mismo orden presentado.



**Figura 3.1.** Secuencia actividades realizadas para cumplimiento objetivos. Fuente: Elaboración propia.

### 3.1 Definición de los Criterios de Revisión Actuales

Para el cumplimiento del primer objetivo, el cual es la definición de los criterios de revisión actuales a través de los requerimientos mínimos inmersos en los términos de referencia, fueron realizadas las actividades de: Trabajo práctico en diseño geométrico, revisión de términos de referencia estudios finalizados y definición modalidad de revisión.

En un período inicial del desarrollo de la Práctica Profesional Controlada, el estudiante realizó apoyo en la elaboración del diseño geométrico de diversos proyectos que eran llevados a cabo por la ODIV, con la finalidad de profundizar los contenidos en diseño vial urbano, mediante el uso del software Autocad Civil 3D, y además comprender el funcionamiento interno de la institución. Este trabajo fue llevado a cabo con información base que fue proporcionada al estudiante y además complementado con salidas a terreno, para complementar la información.

El primer proyecto en el cual el estudiante realizó trabajos de diseño geométrico es el proyecto del mejoramiento de Avenida General Urrutia de la Localidad de Lican Ray, donde la tarea principal fue la de diseñar las intersecciones con aquellas calles que interceptaban con la Avenida en cuestión y posteriormente los estacionamientos laterales que se podían adaptar dentro de la misma Avenida.

Posteriormente realizada la tarea descrita anteriormente se le asignó al alumno el cálculo de un movimiento de tierra necesario para realizar un loteo habitacional de SERVIU en la Ciudad de Traiguén, este cálculo era necesario porque el lugar seleccionado para emplazar el loteo era un cerro y el movimiento de tierra se presumía que era de gran envergadura y se necesitaba información más fidedigna para determinar si era o no rentable. Para la realización de este cálculo.

Una vez terminada esa tarea se efectuó una modificación de un proyecto actualmente en ejecución, el cual es “Mejoramiento de Avenida Luis Durand”, de la Ciudad de Temuco, donde era necesario aumentar el ancho de calzada asignado a un pasaje en un inicio, pues las actividades de la calle en cuestión generaban mayor flujo vehicular que el estimado, pues existía una iglesia, una fábrica de hielo, y un taller mecánico, es donde tras una carta presentada por las personas afectadas se decidió realizar tal modificación, donde fue necesario buscar solución al problema visitando el lugar y diseñando la modificación.

Finalmente, dentro de las tareas de trabajo práctico de apoyo en Diseño Geométrico fue llevado a cabo el Diseño Geométrico completo de la calle Heyermann de la Ciudad Angol, la cual en un principio era de ripio y se solicitaba la realización de una calle doble calzada y doble sentido.

Además, esta calle es cortada por el canal del mismo nombre, por lo que era necesario proyectar una estructura de tipo cajón para mantener la continuidad de la vía. Al igual que las dos tareas mencionadas anteriormente

Para la realización de estas labores asignadas relacionadas con el Diseño Geométrico se realizó en paralelo una revisión a los parámetros de diseño presentes en el REDEVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2009) con la finalidad de que los parámetros de diseño estén dentro de valores permitidos, donde igual se buscaba un mayor aprendizaje del diseño geométrico y las herramientas asociadas a este para que posteriormente los conocimientos o consideraciones fueran materializadas en el documento propuesto.

En paralelo a las tareas de diseño geométrico mencionadas anteriormente previo permiso de la oficina se realizó una revisión minuciosa de Términos de Referencia de Estudios Viales ya realizados, con la finalidad de determinar el estándar de productos que deberían presentar los estudios de vialidad urbana.

Los Términos de Referencia para estudios viales urbanos contienen especificaciones técnicas, objetivos y estructura de cómo ejecutar adecuadamente el procedimiento de un estudio. Describe el ámbito espacial donde ha de ejecutarse, define los objetivos, el tiempo disponible para la realización de este, detalla especialidades que han de participar en el estudio, los resultados esperados y contenidos de los informes.

Dada la importancia que este tipo de documentos tienen es que fueron revisados en detalle, para determinar de la mejor manera los estándares de entrega en las especialidades asociadas a los estudios viales urbanos.

Los Términos de Referencia estudiados fueron:

- 1) Proyecto Ingeniería de Detalle, “Construcción Av. Del tren, Alto Labranza” Comuna de Temuco
- 2) Proyecto Ingeniería de Detalle, “Construcción Calle Diego de Almagro” Comuna de Carahue

En base a los documentos mencionados, los cuales son referidos a proyectos de ingeniería de detalle, fueron identificadas las especialidades que son requeridas comúnmente para el desarrollo de estudios viales urbanos definiéndolas como indispensables para un correcto desarrollo de estos.

Una vez determinadas las especialidades presentes en los estudios viales urbanos y la importancia que estas tienen en conjunto para el correcto desarrollo de estos, se procedió a clasificarlas según la modalidad de revisión que cada una de estas tiene, de la siguiente manera:

- **Antecedentes:** Son aquellas especialidades que deben estar presentes en el estudio, pues son de suma importancia para el correcto desarrollo de las demás especialidades pues son datos de entrada para el diseño o elaboración del proyecto.
- **Revisión:** Serán aquellas especialidades que requieren de aprobación dentro de la misma ODIV, donde el personal de esta oficina debe revisar los criterios y requerimientos mínimos para el cumplimiento de estas especialidades.
- **Gestión:** serán aquellas especialidades que requieren que se realice una gestión por parte de la ODIV para que se haga llegar a la oficina o entidad revisora correspondiente para su revisión.

Una vez teniendo claridad de qué especialidades requieren de una gestión o revisión se procedió a establecer sugerencias de revisión para aquellas que son revisadas dentro de la ODIV en base a normativa y manuales de diseño asociados a cada uno de ellas, las cuales serán detalladas en la sección siguiente.

Aquellas especialidades que requieren la derivación de sus proyectos para revisión y posterior aprobación son catalogadas dentro de una sección de gestión, son mencionadas y es especificado el contenido que debe tener junto con la entidad a la que debe ser derivada para realizar el procedimiento descrito.

### **3.2 Definición Estándares de Productos y sus contenidos técnicos.**

En base a los resultados obtenidos de la identificación de especialidades que requieren de revisión dentro de la ODIV, se procedió a la revisión bibliográfica de manuales o documentos a fin relacionados con cada una de las especialidades seleccionadas dentro del apartado de revisión, documentos los cuales son mencionados a continuación:

- Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2009).
- Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018).

- Guía de Diseño y Especificaciones de Elementos Urbanos de Infraestructura de Aguas Lluvias (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2005).
- Manual de Carreteras Volumen N°3 (Dirección de Vialidad - Ministerio de Obras Públicas, 2018).
- Manual de Carreteras Volumen N°4 (Dirección de Vialidad - Ministerio de Obras Públicas, 2018).

### **3.3 Diagnostico Convergencia entre requerimientos mínimos y resultados de un estudio finalizado**

Con la finalidad de estudiar la convergencia de la información recopilada en la documentación específica anteriormente mencionada, el estudiante bajo permiso previo de la oficina, buscó si se veían reflejados los criterios seleccionados de las especialidades en estudios anteriormente realizados y ya revisados por la ODIV, estos estudios son:

- Mejoramiento Gestión Vial Av. O'Higgins y Dillman Bullock, Comuna de Angol.
- Mejoramiento Av. Luis Durand entre Av. Andes – El Carmen, Comuna de Temuco.

Una vez obtenidos los resultados de la búsqueda de convergencia entre requerimientos mínimos de diseño entre resultados de ejecución y los resultados de los proyectos finalizados, fueron tomados los más significativos para incluirlos en el documento propuesto y sirvan de guía para la revisión de posteriores estudios.

### **3.4 Elaboración Documento propuesto**

Como última actividad realizada, se elaboró un documento que permitiera a la ODIV de SERVIU Región de la Araucanía tener acceso directo a los principales criterios de revisión de las especialidades que deben ser vistas a detalle en la misma oficina, y a aquellas que deben ser derivadas, tener la información de que es lo que deben contener y a quien es necesario derivar para su posterior revisión.

La información necesaria para la elaboración del documento propuesto corresponde a: 1) Identificación de especialidades presentes en los estudios viales urbanos, 2) Organismo del Estado encargado de la revisión de cada una de estas especialidades. 3) Recopilación de información relacionada con parámetros o criterios de revisión dentro de documentación asociada a las especialidades a revisar dentro de la ODIV. 4) Estudio de la convergencia entre requerimientos de diseño y resultados de un proyecto finalizado.

# **CAPÍTULO 4**

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **Capítulo 4. Resultados y Discusión**

A partir de las actividades realizadas descritas anteriormente, se buscó la recolección de información y conocimientos para la elaboración del documento propuesto, el cual contiene dos grandes secciones, en una primera sección se describen a cabalidad aquellas especialidades que son revisadas dentro de la ODIV, con la finalidad de facilitar el proceso de identificación de parámetros y criterios que son revisados dentro de los estudios viales. En una segunda sección, el documento servirá de guía para el proceso de gestión pues aquellas especialidades que no requieren ser vistas en detalle dentro de la oficina también son mencionadas junto con su contenido y entidad u oficina encargada del proceso de revisión.

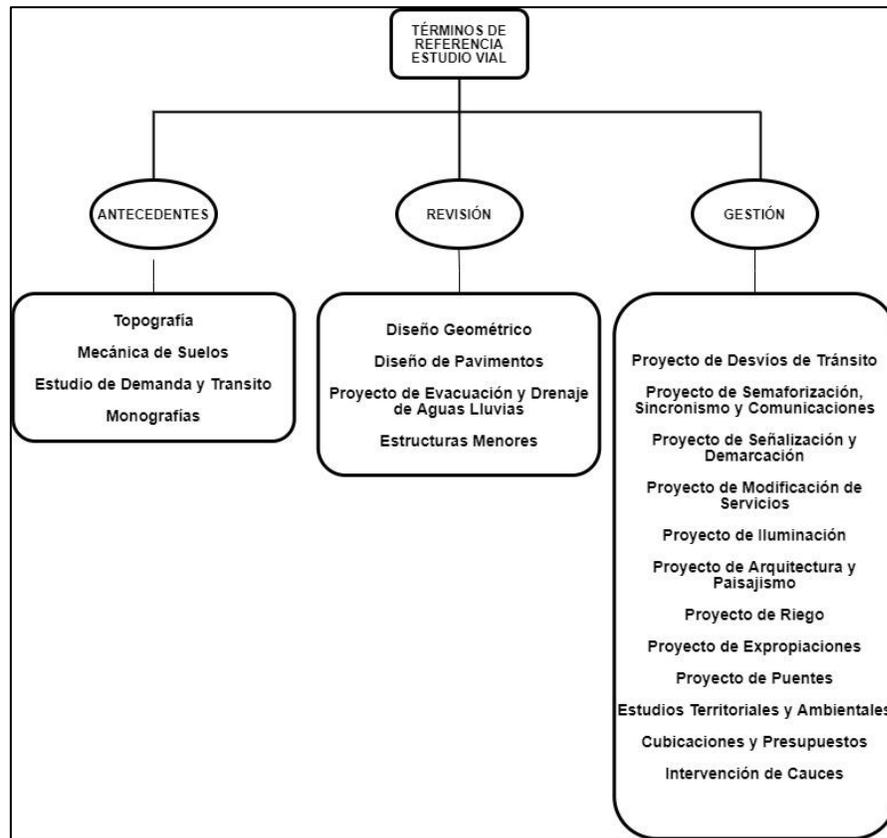
### **4.1 Resultados obtenidos de la Definición de Criterios de Revisión Actuales**

Dentro de las actividades mencionadas para el cumplimiento del objetivo en cuestión, se lograron resultados independientes para cada una de estas, los cuales son presentados a continuación:

El trabajo con el Software Autocad Civil 3D generó un amplio conocimiento en el manejo del mismo, para la realización de intersecciones, cálculo de movimientos de tierra y diseño geométrico en formato final. El trabajo práctico fue de mucha utilidad para el estudiante debido a que el Diseño Geométrico es la única especialidad que es revisada únicamente en planimetría, no hay una memoria de cálculo asociada como en las otras especialidades y la realización del diseño geométrico de una calle desde su situación actual requiere de una revisión bibliográfica para lograr identificar aspectos importantes dentro del diseño geométrico y entregar toda la información necesaria para la construcción en terreno de lo proyectado.

En primera instancia, al realizar la revisión bibliográfica de los Términos de Referencia, se buscaba comparar entre los documentos mencionados en el capítulo anterior los productos solicitados. A la vez se le preguntó al personal de la ODIV si las especialidades seleccionadas eran correctamente seleccionadas, donde estos afirmaron a la pregunta. Posteriormente, se logró identificar aquellas especialidades que requieren aprobación por parte de alguna entidad del Estado de Chile o empresa prestadora de servicios (Por ejemplo: empresas sanitarias), para luego ser analizadas y determinar las que deben ser derivadas para su revisión o aquellas que son revisadas dentro de la misma ODIV. Además, como complemento se estima oportuno mencionar aquellas que son utilizadas como datos de entrada para el oportuno desarrollo de algunas especialidades.

Aquellas especialidades son categorizadas y seleccionadas de la siguiente forma:



**Figura 4.1.** Clasificación Especialidades Estudios Viales según tipo de revisión. Fuente: Elaboración Propia.

Cabe mencionar que algunos productos presentes en los Términos de Referencia no son incluidos en el documento, pues no son productos que requieran revisión o no deben ser aprobados, solo se necesita que sean realizados durante el proceso del estudio, pero a la vez, su realización es de suma importancia para el correcto desarrollo del estudio y posterior ejecución.

## 4.2 Resultados obtenidos a partir del Proceso de Revisión de Documentación Específica

Una vez que se tenían categorizadas cada una de las especialidades se obtuvo mediante la revisión de documentación específica ya mencionada en el capítulo anterior información que fue considerada de utilidad para la revisión de las especialidades de la categoría que se le asignó el mismo nombre, las cuales serán mencionadas a continuación:

### 4.2.1 Diseño Geométrico

Se logró identificar aspectos fundamentales del diseño geométrico mediante la revisión de Términos de Referencia de Estudios Viales Urbanos ya realizados, los cuales fueron divididos en dos secciones, Trazado en Planta y Trazado en Elevación, donde fue detallado cada aspecto que se considera importante para la revisión acompañado de sugerencias de revisión e imágenes explicativas para la comprensión del revisor y así el proceso de revisión de esta especialidad sea más expedito y se tenga respuesta más prontamente.

Dentro de los puntos identificados se encuentran:

- **Trazado en Planta:**
  - Puntos de inicio y final de los ejes de replanteo.
  - Puntos de Tangencia entre alineaciones.
  - Coordenadas de los Puntos Singulares.
  - Distancia al Origen de los de puntos singulares.
  - Azimut de los Ejes en Puntos Singulares.
  - Características de las Alineaciones en Planta.
  - Validación de Ejes de Replanteo.
  - Configuración de las Calzadas.
  - Configuración de otros elementos de la plataforma vial.
  - Veredas.
  - Intersección de los Ejes.
  - Diagrama de Curvatura y peraltes.
  - Puntos de Perfiles.
  - Datos de Replanteo.
  - Perfiles Tipo y Detalles.
- **Trazado en Elevación:**
  - Perfiles Longitudinales de Proyecto.

- Perfiles Transversales de Proyecto.

#### 4.2.2 Diseño de Pavimentos

Para la recopilación de información pertinente al diseño de pavimentos se recurrió al Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018) y al Manual de Carreteras (Dirección de Vialidad - Ministerio de Obras Públicas, 2018), donde se dividió en dos tópicos distintos, debido a que se comportan de diferentes maneras los pavimentos flexibles y los pavimentos rígidos, donde se detalla a continuación la información relevante a cada uno de ellos:

- **Pavimentos Flexibles**

El método de diseño de pavimentos flexibles está basado en el método empírico mecanicista de la normativa AASHTO fundamentalmente en la versión del año 1993, metodología de la cual ese método es adaptado o mejorado con algunos complementos para la realidad chilena, donde es presentado en el Manual de Carreteras y depende de los siguientes factores:

- Ejes equivalentes de 80 KN acumulados durante la vida de diseño.
- Número estructural.
- Coeficientes estructurales de cada una de las capas asfálticas o tratadas.
- Coeficientes de drenaje de cada una de las capas no tratadas.
- Coeficiente estadístico que depende del nivel de confianza que se adopte.
- Desviación estándar del error combinado de todas las variables que intervienen en el modelo.
- Modulo resiliente del suelo de la subrasante.
- Índices de serviciabilidad inicial y final.

- **Pavimentos Rígidos**

De igual manera que en los pavimentos flexibles, en los pavimentos rígidos se identificaron los factores por los que el diseño está condicionado, estos son muy importantes para lograr un buen desempeño durante la vida útil del pavimento, los identificados son:

- Ejes equivalentes.
- Desviación estándar.
- Confiabilidad representada por el coeficiente de Student ( $Z_r$ ).
- Resistencia a la flexotracción.

- Coeficiente de drenaje.
- Módulo elástico del Hormigón.
- Largo de la losa.
- Espesor de la base.
- Factor de ajuste por confinamiento.
- Coeficiente de fricción losa – base.
- Velocidad media anual del viento.
- Temperatura media anual del ambiente.
- Precipitación media anual.
- Tipo de transferencia de carga.

### **4.2.3 Proyecto de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias**

Para obtener los criterios de diseño de los proyectos de evacuación y drenaje de aguas lluvias, se recurrió a la Guía de Diseño Y Especificaciones de Elementos Urbanos de Infraestructura de Aguas Lluvias (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2005), donde se logró identificar los siguientes aspectos considerados de importancia para la realización del proyecto de Evacuación y drenaje de aguas lluvia:

- **Caracterización Hidrológica.**

Dentro de la caracterización hidrológica se identificaron de igual manera criterios más específicos que permiten determinar de mejor manera las tormentas de diseño con las cuales el proyecto estos criterios son:

- Relaciones Intensidad, Duración y Frecuencia.
- Tiempo de Concentración.
- Tormentas de Diseño.
- Estimación de Caudales.

- **Transporte en Calles y Sumideros.**

En base a la caracterización hidrológica, debe verificarse que las calles no conduzcan cantidades importantes de aguas lluvias, de manera que las áreas y profundidades de inundación no se vean sobre pasadas. Para que esto se verifique se consideraron los siguientes criterios:

- Perfiles transversales en calles y cunetas.
- Capacidad hidráulica de las calles.

- Capacidad máxima de sumideros.
- Capacidad de diseño de sumideros.
- Recomendaciones de ubicación de sumideros.
- Colectores
 

Los elementos de conducción de la red secundaria, los cuales transportan el agua que escurre superficialmente también deben cumplir ciertos criterios o recomendaciones de diseño para asegurar un buen funcionamiento, estos elementos son:

  - Colectores.
  - Cámaras.

#### **4.2.4 Estructuras Menores**

Al igual que las especialidades anteriores, se realizó una búsqueda de información que sea de utilidad para la revisión de estructuras menores, dentro de las cuales las más frecuentemente presentes en estudios de este tipo serán mencionadas a continuación:

- Muros de Contención.
- Estructuras Enterradas Tipo Cajón.

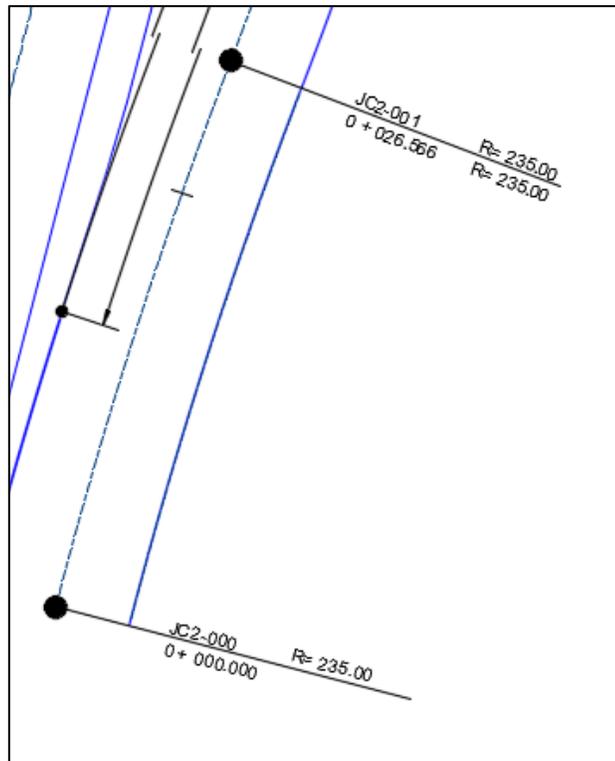
La información obtenida con respecto a este tipo de estructuras fue obtenida del Manual de Carreteras Volumen N°3 y N°4 (Dirección de Vialidad - Ministerio de Obras Públicas, 2018).

#### **4.3 Resultados obtenidos a partir de la Revisión de Estudios Viales Urbanos ya realizados**

Una vez efectuada la revisión de Estudios Viales Urbanos ya realizados, fueron obtenidos resultados de convergencia de cada una de las especialidades de revisión dentro de la ODIV con los requerimientos mínimos detectados en la documentación específica, las cuales son: Diseño Geométrico, Diseño de Pavimentos, Evacuación y Drenaje de Aguas lluvias y Estructuras Menores, con la finalidad de validar la información recopilada por parte del estudiante, donde de estos resultados de convergencia fueron sacados ejemplos gráficos para facilitar la identificación y revisión posterior, principalmente en el Diseño Geométrico.

A continuación, se presentan algunas imágenes representativas de Criterios de Revisión detectados en el Diseño Geométrico:

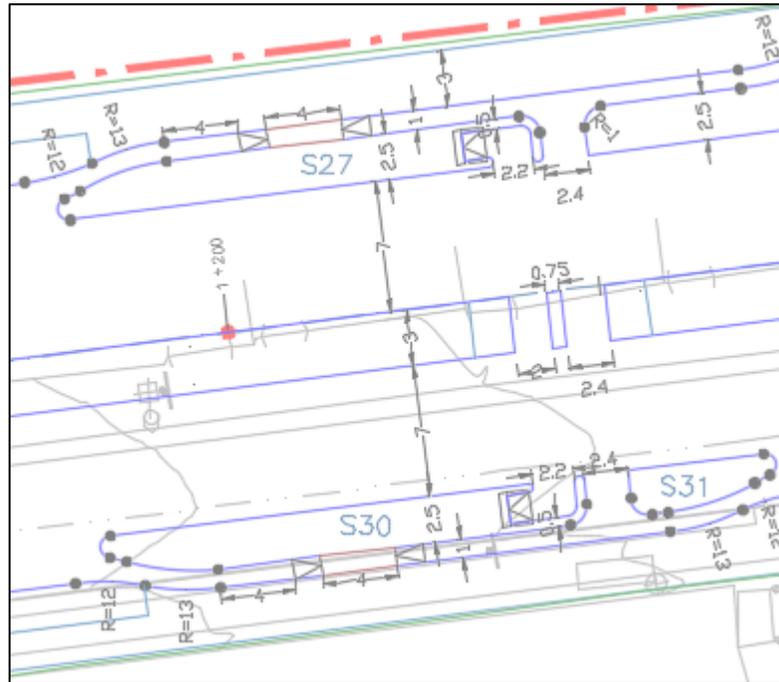
**Trazado en Planta:**



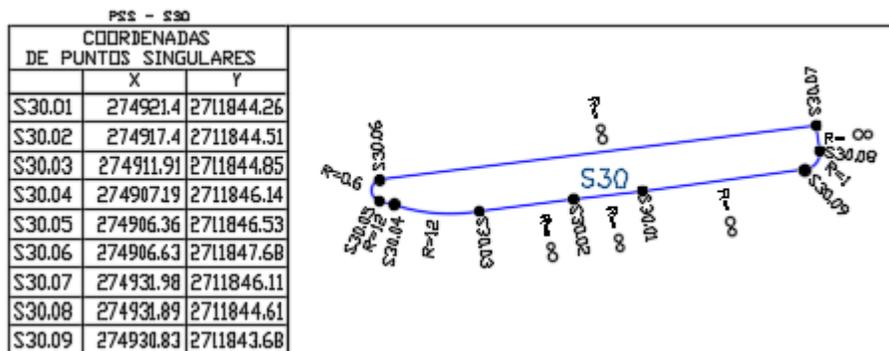
**Figura 4.2.** Ejemplo Presentación de Puntos Singulares. Fuente: Estudio Mejoramiento Av. Luis Durand, Temuco.

| EJE DE REPLANTEO 'JC2' JAVIERA CARRERA |                        |           |                |     |          |            |               |           |
|--|------------------------|-----------|----------------|-----|----------|------------|---------------|-----------|
| DISTANCIA<br>AL ORIGEN                 | PUNTOS SINGULARES (PS) |           | INTERSECCIONES |     | X<br>(m) | Y<br>(m)   | ACIMUT<br>(g) |           |
|  | N° PS                  | DIST. (m) | R o A (m)      | EJE |          |            |               | DIST. (m) |
| 0 + 000.000                            | PS-000                 |           |                |     |          |            |               |           |
|  |                        | 26.566    | R= 235.00      |     |          | 275969.036 | 711296.908    | 1.318     |
| 0 + 026.566                            | PS-001                 |           |                |     |          | 275977.118 | 711322.201    | 1.205     |
|  |                        | 26.566    | R= -235.00     |     |          | 275985.199 | 711347.493    | 1.318     |
| 0 + 053.132                            | PS-002                 |           |                |     |          | 275994.106 | 711381.979    | 1.318     |
|  |                        | 35.618    | R=Infinito     |     |          | 276001.627 | 711409.458    | 1.289     |
| 0 + 088.750                            | PS-003                 |           |                |     |          | 276003.522 | 711416.404    | 1.320     |
|  |                        | 28.491    | R= 989.00      |     |          | 276007.393 | 711434.417    | 1.398     |
| 0 + 117.241                            | PS-004                 |           |                |     |          | 276013.423 | 711460.281    | 1.285     |
|  |                        | 25.629    | R= -235.00     | LD4 |          |            |               |           |
| 0 + 124.441                            |                        |           |                |     |          |            |               |           |
| 0 + 142.870                            | PS-005                 |           |                |     |          |            |               |           |
|  |                        | 26.572    | R= 235.00      |     |          |            |               |           |
| 0 + 169.442                            | PS-006                 |           |                |     |          |            |               |           |

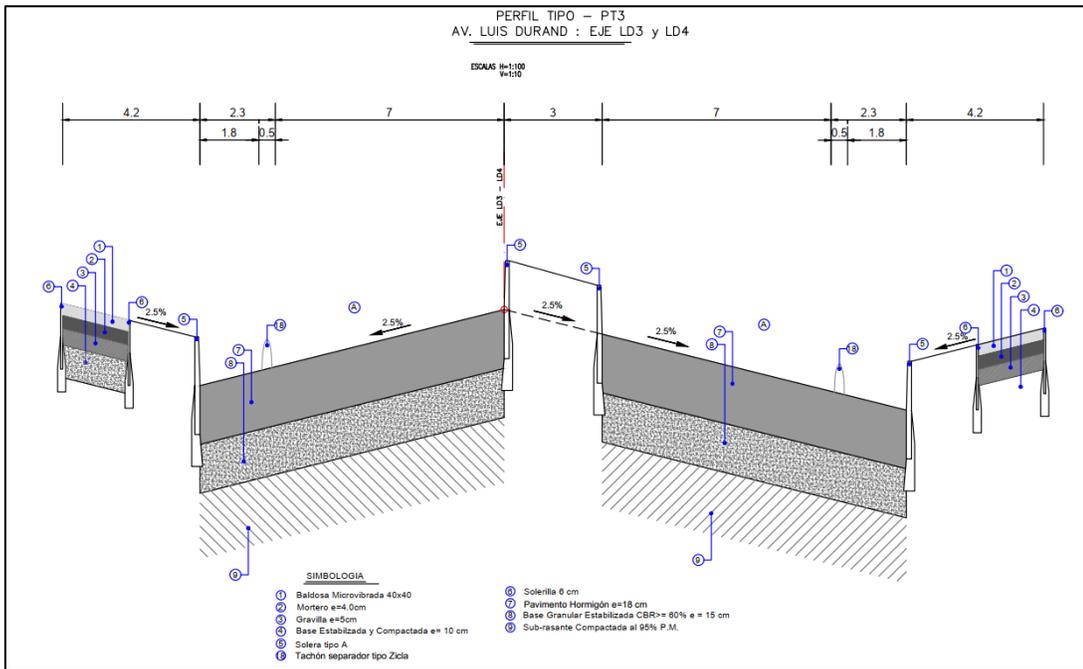
**Figura 4.3.** Ejemplo Cuadro de Coordenadas para un Eje de Replanteo. Fuente: Estudio Mejoramiento Av. Luis Durand, Temuco.



**Figura 4.4.** Presentación en planta de distintos elementos del diseño geométrico. Fuente: Estudio Mejoramiento Av. Luis Durand, Temuco.

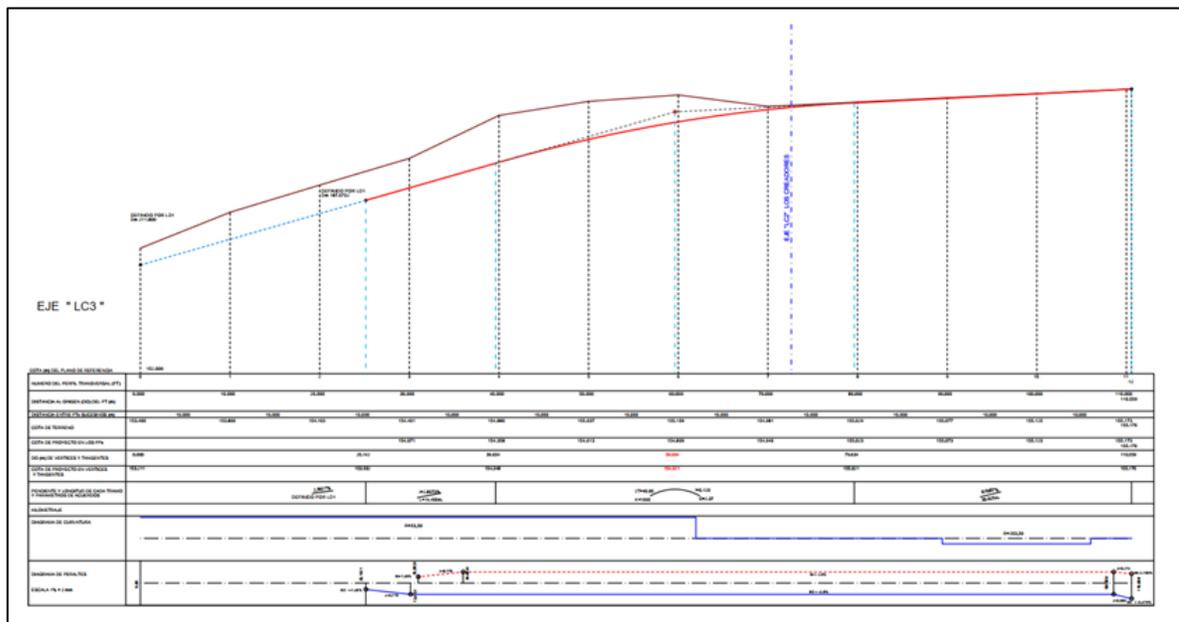


**Figura 4.5.** Puntos Singulares de un dispositivo especial. Fuente: Estudio Mejoramiento Av. Luis Durand, Temuco.

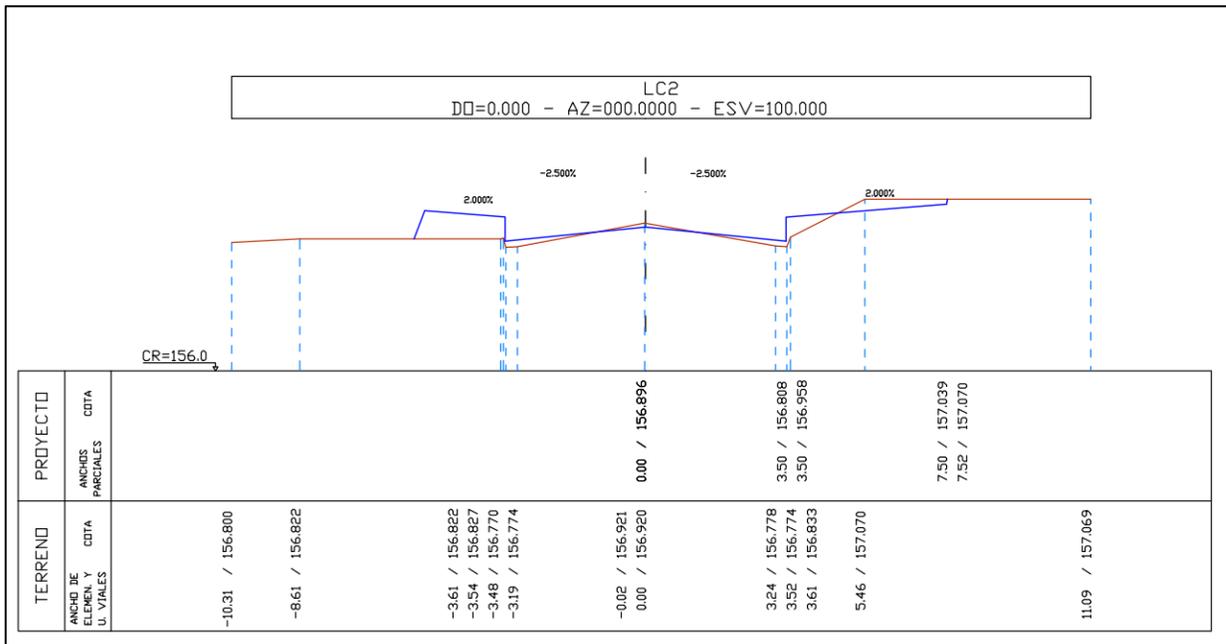


**Figura 4.6.** Perfil Tipo con todos sus elementos. Fuente: Estudio Mejoramiento Av. Luis Durand, Temuco.

**Trazado en Elevación:**



**Figura 4.7.** Representación de Perfiles Longitudinales. Fuente: Estudio Mejoramiento Av. Luis Durand, Temuco.



**Figura 4.8.** Representación Perfiles Transversales. Fuente: Estudio Mejoramiento Av. Luis Durand, Temuco

Los resultados de convergencia presentados pertenecientes al Diseño Geométrico Fueron obtenidos a partir de la revisión del Mejoramiento de Av. Luis Durand entre Av. Andes – El Carmen y son definidos a mayor detalle en el ANEXO A, perteneciente al documento propuesto.

La convergencia de las otras especialidades: Diseño de pavimentos, Proyecto de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias, y Estructuras Menores es más a nivel teórico y es presentada en el mismo documento ANEXO A, el cual posee los criterios de revisión para las especialidades revisadas dentro de la ODIV, en la sección de Revisión del mismo documento.

#### 4.4 Resultados obtenidos a partir de la elaboración del documento propuesto

Una vez recopilada la información referente a criterios de revisión o diseño para las distintas especialidades mencionadas anteriormente, esta fue compilada en un documento de carácter técnico, el cual tiene como finalidad principal ser útil en los procesos de revisión de estudios viales urbanos dentro de la ODIV, oficina para la cual fue elaborado este documento. Además de incluir a las especialidades que son revisadas dentro de la oficina, este documento menciona aquellas especialidades que brindan antecedentes para el desarrollo del estudio y también aquellas que requieren de una gestión por parte de la oficina para realizar una derivación al organismo revisor que le corresponda.

El documento propuesto de “METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE REVISIÓN PARA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS VIALES URBANOS” es anexado en el presente informe como resultado final de las actividades realizadas y entregado a la ODIV para su uso en el proceso de revisión de Estudios Viales Urbanos próximos. A continuación, son presentadas tablas resumen de cada especialidad y el contenido más detallado que están contemplan dentro del documento:

**Tabla 4.4.1.** Resumen del contenido de sección de antecedentes dentro del documento propuesto.

| <b>Proyecto</b>       | <b>Contenido</b>  |
|-----------------------|---|
| Topografía            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Topografía general.</li> <li>- Topografía de sectores especiales.</li> <li>- Topografía para drenaje.</li> <li>- Topografía para puentes (En caso de ser necesario).</li> <li>- Debe estar bajo un Sistema de referencia único.</li> </ul> |
| Mecánica de Suelos    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Listado de pozos indicando emplazamiento, profundidad y nivel de cada muestra.</li> <li>- Resumen de resultados de los ensayos efectuados.</li> <li>- Memoria de determinación de los parámetros de diseño del proyecto.</li> </ul>        |
| Estudio de Transporte | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio de demanda.</li> <li>- Modelación alternativas de proyecto.</li> <li>- Evaluación social de cada una de ellas.</li> </ul>  |
| Monografías           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Monografía de servicios.</li> <li>- Monografía de pavimentos existentes.</li> <li>- Monografía de drenajes.</li> <li>- Monografía de estructuras existentes.</li> <li>- Monografía de semáforos y señalización existentes.</li> </ul>      |

**Tabla 4.4.2.** Resumen especialidad de Diseño Geométrico correspondiente a sección de revisión del documento.

| Proyecto          | Elemento             | Contenido   |
|-------------------|----------------------|---|
| Diseño Geométrico | Trazado en planta    | Puntos de inicio y final de los ejes de replanteo<br>Puntos de Tangencia entre alineaciones<br>Coordenadas de los Puntos Singulares<br>Distancia al Origen de los Puntos Singulares<br>Azimut de los Ejes en Puntos Singulares<br>Características de las Alineaciones en Planta<br>Validación de Ejes de Replanteo<br>Configuración de las Calzadas<br>Configuración de otros Elementos de la Platadorma Vial<br>Veredas<br>Intersección de los Ejes<br>Diagrama de Curvaturas y Peraltes<br>Puntos de Perfiles<br>Datos de Replanteo<br>Perfiles Tipo y Detalles |
|                   | Trazado en Elevación | Perfiles Longitudinales de Proyecto<br>Perfiles Transversales de Proyecto   |

**Tabla 4.4.3.** Tabla Resumen especialidad de Diseño de Pavimentos correspondiente a sección de revisión del documento.

| Proyecto             | Tipo de Pavimento    | Variables de Diseño  |
|----------------------|----------------------|--|
| Diseño de Pavimentos | Pavimentos Flexibles | Ejes equivalentes<br>Número Estructural<br>Coeficientes estructurales de cada una de las capas tratadas<br>Coeficiente de drenaje de cada una de las capas no tratadas<br>Coeficiente estadístico dependiente del nivel de confianza<br>Desviación estándar<br>Modulo resiliente suelo subrasante<br>Indices de Serviciabilidad  |
|                      | Pavimentos Rígidos   | Ejes equivalentes<br>Desviación estándar<br>Confiabilidad ( $Z_r$ )<br>Resistencia flexotracción<br>Coeficiente de drenaje<br>Modulo elástico del hormigón<br>Largo de la losa<br>Largo de la base<br>Factor de ajuste por confinamiento<br>Coeficiente de fricción losa - base<br>Velocidad media anual del viento<br>Temperatura media anual del ambiente<br>Precipitación media anual<br>Tipo de transferencia de carga |

**Tabla 4.4.4.** Tabla Resumen especialidad de Proyecto de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias correspondiente a sección de revisión del documento.

| Proyecto  | Elemento                         | Contenido  |
|---|----------------------------------|--|
| Proyecto de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias | Caracterización Hidrológica      | Relaciones Intensidad, Duración Frecuencia<br>Tiempo de Concentración<br>Tormentas de Diseño<br>Estimación de Caudales   |
|   | Transporte en calles y sumideros | Perfiles transversales en calles y cunetas<br>Capacidad Hidraulica de las calles<br>Capacidad máxima de sumideros<br>Capacidad de diseño de sumideros<br>Recomendaciones de ubicación de sumideros |
|   | Colectores                       | Colectores<br>Cámaras  |

**Tabla 4.4.5.** Tabla Resumen especialidad de Estructuras Menores correspondiente a sección de revisión del documento.

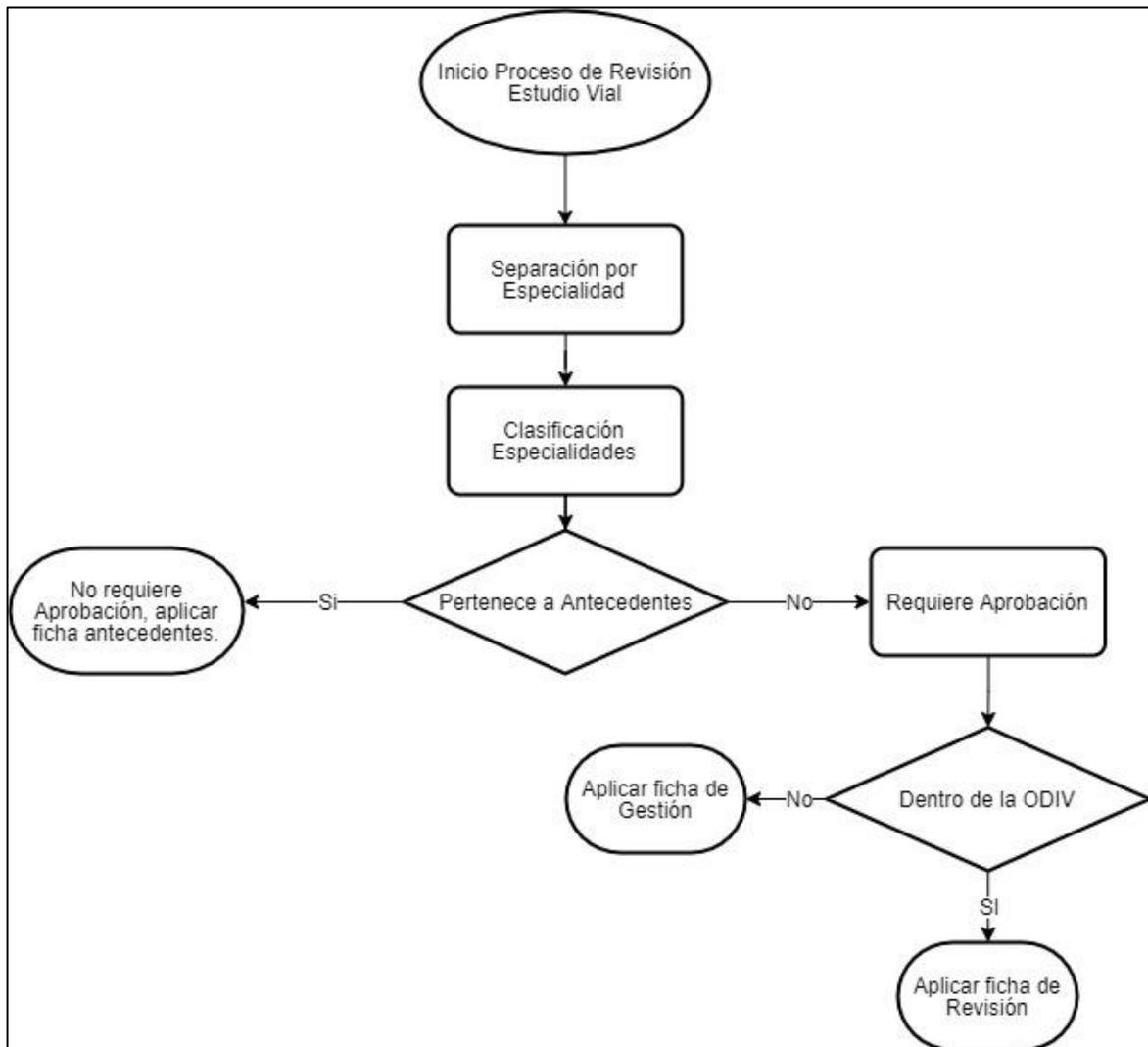
| Proyecto            | Tipo de Estructura                        | Revisión  |
|---------------------|---|---|
| Estructuras Menores | Muros de contencion                       | Es recomendado el uso de estructuras tipo presentes en el Manual de Carreteras Volumen N°4, si se cumplen las bases de cálculo presentadas. |
|                     | Estructuras enterradas tipo Marco o Cajón | En caso de no cumplirse las bases de cálculo, se recomienda la utilización del Volumen N°3 del Manual de Carreteras, para el cálculo.       |

Tabla 4.4.6. Resumen sección de gestión del documento propuesto.

| Proyecto  | Contenido  | Aprobación  |
|---|--|---|
| <b>Proyecto de Desvios de Tránsito</b>                          | - Definición Etapas Constructivas en las que se dividirá el proyecto.<br>- Bosquejo de vista en planta de Etapas Asociadas.<br>- Indicación de la señalización necesaria para mantener un tránsito expedito y minimizar los impactos a los usuarios.   | Seremi de Transporte y Telecomunicaciones - Municipalidad Correspondiente               |
| <b>Proyecto de Semaforización, Sincronismo y Comunicaciones</b> | - Intersecciones Semaforizadas en Norma UOCT, operando en red de sincronismo definida actualmente.<br>- Intersecciones Semaforizadas en Norma UOCT, operando eventualmente en forma aislada.<br>- Intersecciones semaforizadas que requieren ser normalizadas.<br>- Intersecciones que requieren instalación de un semáforo. | Unidad Operativa de Control de Tránsito IX Región                                       |
| <b>Proyecto de Señalización y Demarcación</b>                   | - Señalización Vertical.<br>- Señalización Horizontal.   | Dirección de Tránsito Municipalidad respectiva  |
| <b>Proyecto de Modificación de Servicios</b>                    | - Proyecto de Agua Potable y Aguas Servidas.<br>- Otros servicios: presupuesto estimativo modificaciones.  | Se requiere aprobación solamente de la empresa sanitaria.                               |
| <b>Proyecto de Iluminación</b>                                  | - Reposición total del sistema de alumbrado y redes nuevas a ejecutar.   | Municipalidad Correspondiente   |
| <b>Proyecto de Arquitectura y Paisajismo</b>                    | - Plano paisajismo.<br>- Partidas del proyecto.<br>- Itemizado de cubicación y presupuesto.<br>- Plano catastro.   | Oficina Proyectos Urbanos SERVIU Región de La Araucanía - Municipalidad Correspondiente |
| <b>Proyecto de Riego</b>  | - Dimensionamiento total de los componentes para proveer de riego tecnificado.<br>- Especificación de fuentes de abastecimiento de agua y equipos de bombeo.   | Municipalidad Correspondiente   |
| <b>Proyecto de Expropiaciones</b>                               | - Catastro de Expropiaciones.  | Departamento Jurídico*  |
| <b>Estudios Territoriales y Ambientales</b>                     | - Consideración Volumen N°9 Manual de Carreteras.  | Servicio de Evaluación Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente                      |
| <b>Cubicaciones y presupuestos</b>                              | - Analisis de precios unitarios de todas las obras proyectadas con valores de mercado.<br>- Cubicación de todos los proyectos involucrados.  | ODIV*   |
| <b>Intervención de cauces</b>                                   | - En caso de ser necesaria alguna intervención de cauces.  | Dirección de Obras Hidráulicas  |

\* Son vistos en el lugar indicado pero sin requerir la emisión de una aprobación.

Como guía el proceso de clasificación y procedimiento de especialidades queda resumido en el siguiente diagrama de flujo:



**Figura 4.9.** Diagrama de Flujo de Clasificación de especialidades y procedimiento a seguir.  
Fuente: Elaboración propia.

En complemento de la creación del diagrama de flujo, a la vez fueron incorporadas fichas de verificación de contenido de cada una de las tres secciones del trabajo, las cuales sirven para realizar un seguimiento y control del proceso de revisión de cada una de las especialidades. A continuación, son presentadas las tablas correspondientes a cada una de las fichas de las secciones del documento.

**Tabla 4.4.7.** Ficha de verificación para sección de antecedentes.

| Especialidad          | Contenido  | Existe | Cumple requisitos | Observaciones |
|-----------------------|--|--------|-------------------|---------------|
| Topografía            | - Topografía general.  |        |                   |               |
|                       | - Topografía de sectores especiales.   |        |                   |               |
|                       | - Topografía para drenaje.   |        |                   |               |
|                       | - Topografía para puentes (En caso de ser necesario)                             |        |                   |               |
|                       | - Uso sistema de referencia unico.   |        |                   |               |
| Mecánica de Suelos    | - Listado de pozos indicando emplazamiento, profundidad y nivel de cada muestra. |        |                   |               |
|                       | - Resumen de resultados de los ensayos efectuados.                               |        |                   |               |
|                       | - Memoria de determinación de parámetros de diseño.                              |        |                   |               |
| Estudio de Transporte | - Estudio de demanda.  |        |                   |               |
|                       | - Modelación alternativas de proyecto.   |        |                   |               |
|                       | - Evaluación social de cada una de ellas.  |        |                   |               |
| Monografías           | - Monografía de servicios.   |        |                   |               |
|                       | - Monografía de pavimentos existentes.   |        |                   |               |
|                       | - Monografía de drenajes.  |        |                   |               |
|                       | - Monografía de estructuras existentes.  |        |                   |               |
|                       | - Monografía de semaforos y señalización existentes.                             |        |                   |               |

**Tabla 4.4.8.** Ficha de verificación para sección de Revisión.

| Proyecto  | Elemento                                  | Existen antecedentes requeridos    | Cumple   | Observaciones |
|---|---|------------------------------------|--|---------------|
| Diseño Geométrico                                 | Trazado en Planta                         |                                    |  |               |
|   | Trazado en Elevación                      |                                    |  |               |
| Proyecto  | Tipo de Pavimento                         | Las variables consideradas cumplen | El diseño es realizado correctamente               | Observaciones |
| Diseño de Pavimentos                              | Pavimentos Flexibles                      |                                    |  |               |
|   | Pavimentos Rígidos                        |                                    |  |               |
| Proyecto  | Elemento                                  | Existen antecedentes requeridos    | Cumple   | Observaciones |
| Proyecto de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias | Caracterización Hidrológica               |                                    |  |               |
|   | Transporte en calles y sumideros          |                                    |  |               |
|   | Colectores                                |                                    |  |               |
| Proyecto  | Tipo de Estructura                        | Existen antecedentes requeridos    | Cumple las bases de cálculo para uso de obras tipo | Observaciones |
| Estructuras Menores                               | Muros de contencion                       |                                    |  |               |
|   | Estructuras enterradas tipo Marco o Cajón |                                    |  |               |

**Tabla 4.4.9.** Ficha de Verificación para sección de gestión.

| <b>Proyecto</b>   | <b>Existe</b> | <b>Cumple<br/>Contenido</b> | <b>Entregado para<br/>revisión</b> | <b>Aprobado</b> | <b>Observaciones</b> |
|---|---------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|----------------------|
| <b>Proyecto de Desvios de Tránsito</b>                              |               |                             |                                    |                 |                      |
| <b>Proyecto de Semaforización,<br/>Sincronismo y Comunicaciones</b> |               |                             |                                    |                 |                      |
| <b>Proyecto de Señalización y<br/>Demarcación</b>                   |               |                             |                                    |                 |                      |
| <b>Proyecto de Modificación de<br/>Servicios</b>                    |               |                             |                                    |                 |                      |
| <b>Proyecto de Iluminación</b>                                      |               |                             |                                    |                 |                      |
| <b>Proyecto de Arquitectura y<br/>Paisajismo</b>                    |               |                             |                                    |                 |                      |
| <b>Proyecto de Riego</b>  |               |                             |                                    |                 |                      |
| <b>Proyecto de Expropiaciones</b>                                   |               |                             |                                    |                 |                      |
| <b>Estudios Territoriales y Ambientales</b>                         |               |                             |                                    |                 |                      |
| <b>Cubicaciones y presupuestos</b>                                  |               |                             |                                    |                 |                      |
| <b>Intervención de cauces</b>                                       |               |                             |                                    |                 |                      |

# **CAPÍTULO 5**

## **CONCLUSIONES**

## Capítulo 5. Conclusiones

En base a la información recopilada de los términos de referencia estudiados, se logró diferenciar y categorizar la modalidad de revisión de las especialidades mencionadas en los capítulos anteriores, sin embargo, aquellas especialidades o productos mencionados que no están dentro de una categoría, como lo son, por ejemplo: Participaciones ciudadanas, Información del terreno, ubicaciones y presupuestos y evaluaciones del proyecto, son indispensables para un correcto desarrollo del estudio, al igual que todas las especialidades, ya sean de antecedentes, de revisión o de gestión. Además, cabe mencionar que en los términos de referencia queda expresado de manera muy clara que las reuniones periódicas del mandante con el consultor son de mucha importancia para generar instancias de debate y comunicación por ambas partes.

En el proceso de revisión de documentación específica, junto con la realización de tareas de diseño geométrico, fue identificada la importancia de cada una de estas especialidades y estándares que estas deben cumplir para el buen funcionamiento a futuro de las obras que son realizadas a partir de los estudios viales urbanos, pues son la base para la ejecución y las obras proyectadas deben tener un óptimo desempeño a lo largo de su vida de diseño.

Al analizar la convergencia de Estudios Viales ya realizados con los requerimientos mínimos de las especialidades identificadas se obtuvo un buen resultado, pues estos si tenían relación y se lograban reflejar dentro de las memorias o planos de las especialidades que fueron analizadas más en detalle, las cuales son: Diseño Geométrico, Diseño de Pavimentos, Proyecto de Evacuación y Drenaje de Aguas Luvias y Estructuras Menores. Sin embargo, dentro del Diseño Geométrico no se logró identificar información referente a los Datos de Replanteo, requerimiento que está presente en los Términos de Referencia revisados, siendo el dato faltante dentro de la totalidad de la revisión de Diseño Geométrico.

Con la elaboración del documento se obtiene un producto que es propuesto para su uso a futuro en estudios viales próximos, pues en los momentos en que fue desarrollado no se contaba con entregas para que este fuera llevado a prueba como primera herramienta a utilizar al momento de iniciar la revisión. Pero sin embargo como fue mencionado, al ser utilizados estudios viales ya aprobados y ejecutados encontrando relación con estos y la información recopilada, se consideran validados los criterios propuestos, pues si se encontraba convergencia de ambas partes mencionadas.

A modo de análisis de los resultados obtenidos y de la experiencia vivida dentro de la ODIV, se logró percibir que la especialidad de topografía, es de suma importancia para el desarrollo del Metodología y Criterios de Revisión Para Elaboración de Estudios Viales Urbanos

estudio presenta en muchas ocasiones fallas o faltas de información, por lo que se considera que debe ser incluido como una especialidad a revisar dentro de los estudios viales urbanos, pues corresponde a un dato de entrada y el correcto desarrollo de los proyectos de especialidades dependen de ella.

Al igual que la especialidad de topografía, el proyecto de expropiaciones, si bien este es derivado a Departamento Jurídico del mismo SERVIU, no requiere de una aprobación por parte de ellos, por lo que no se asegura que este proyecto es revisado minuciosamente o que en caso de existir algún inconveniente o error en el proyecto de expropiaciones este sea mencionado o solucionado en las instancias correspondientes, sin generar algún posible retraso.

Además, sumado a lo anterior, la importancia que tiene la relación de estas dos especialidades, topografía y expropiaciones, es mucha, puesto que el calce de los metros cuadrados necesarios a expropiar debe ser correcto, y es un problema regular situaciones de irregularidades con los metros cuadrados de expropiaciones. Dadas esas circunstancias, a modo recomendación o como observación se estima que una buena medida sea requerir aprobación por parte del Departamento Jurídico de SERVIU. Otro punto importante a considerar es el relacionado a las cubicaciones y presupuestos, donde la validación de los costos asociados es de suma importancia para obtener un costo real aproximado de las obras y además la correcta identificación de reales obras a considerar, para que no existan modificaciones a mitad de la ejecución del proyecto. Por estas razones se considera que también sería buena medida gestionar la aprobación de Cubicaciones y Presupuestos referido a la verificación de costos reales asociados al detalle especificado.

Al realizar el documento final y al estar inmerso en la ODIV, el estudiante logra identificar y comprender el proceso por el que deben pasar los estudios viales urbanos desde su inicio hasta que son entregados para su aprobación final. Este proceso es largo e involucra mucho procedimiento administrativo en cada uno de los movimientos de derivación que deben ser realizados, estos procesos administrativos dependen de otras oficinas de SERVIU Región de la Araucanía, por lo que mientras antes sean entregados a esas oficinas más rápido será el proceso de derivación. Es por esto que el documento elaborado se considera de utilidad por dos razones: en primera instancia para optimizar el proceso de revisiones dentro de la oficina debido a los criterios de revisión que incluye para cada una de las especialidades, y además por el contenido dentro del proceso de gestión pues si bien el personal que actualmente está presente en la ODIV conoce los

procedimientos a seguir, no se descarta algún cambio o ingreso de una nueva persona, a la cual este apartado le sería útil para el conocimiento y aprendizaje del proceso a seguir.

Finalmente, cabe mencionar que, para el estudiante, el aprendizaje fue muy enriquecedor, pues se logró comprender el funcionamiento interno de SERVIU Región de La Araucanía, se adquirió un amplio conocimiento del proceso de los estudios viales urbanos y del diseño geométrico de estos, pues se le dedicó mucho tiempo al trabajo de las tareas descritas de esta especialidad, partiendo desde el diseño geométrico desde el eje de replanteo representación de las calzadas, cálculo de movimientos de tierra dentro de la ejecución, diseño de intersecciones, construcción de perfiles longitudinales y transversales con sus requerimientos. Además, la acogida por parte de los profesionales hacia el estudiante fue muy buena, respondiendo a preguntas o haciendo acotaciones relacionadas con el trabajo del día a día y así también con el desarrollo del documento propuesto, lo cual fue de mucha utilidad para el desarrollo de este.

**Referencias**

- Dirección de Vialidad - Ministerio de Obras Públicas. (2018). Manual de Carreteras Volumen N°3; Instrucciones y Criterios de Diseño. Santiago.
- Dirección de Vialidad - Ministerio de Obras Públicas. (2018). Manual de Carreteras Volumen N°4; Planos de Obras Tipo. Santiago.
- Dirección de Vialidad - Ministerio de Obras Públicas. (2018). Manual de Carreteras Volumen N°9; Estudios y Criterios Ambientales en Proyectos Viales. Santiago.
- Instituto Nacional de Normalización. (2014). Norma Chilena NCh1508 - Geotécnia - Mecánica de Suelos. Santiago.
- Ministerio de Justicia. (1981). Código de Aguas: Derecho de Aprovechamiento de Aguas. Santiago.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2005). Guía de Diseño y Especificaciones de Elementos Urbanos de Infraestructura de Aguas Lluvias. Santiago.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2005). Guía de Diseño y Especificaciones de Elementos Urbanos de Infraestructura de Aguas Lluvias. Santiago.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2009). Recomendaciones para el diseño de elementos de infraestructura vial urbana (REDEVU). Santiago.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2018). Código de Normas y especificaciones técnicas de Obras de pavimentación. Santiago: División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional – Ditec, Minvu.
- Secretaría de Planificación de Transporte - Ministerio de Desarrollo Social. (2013). Manual de Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana (Mespivu). Santiago.
- SERVIU Región de la Araucanía. (Septiembre de 2019). SERVIU Región de la Araucanía. Obtenido de <https://serviuaraucaania.minvu.cl/pag-m/quienes-somos/>

**Anexos**

**Anexo A**

# **“METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE REVISIÓN PARA ESTUDIOS VIALES URBANOS”**

Documento creado para uso interno de la Oficina de Desarrollo  
de Infraestructura Vial - SERVIU Región de la Araucanía

## 1. Objetivo

El presente documento técnico tiene por objetivo describir y guiar el procedimiento de revisión de las especialidades técnicas de los estudios viales urbanos, de los cuales el mandante es SERVIU Región de la Araucanía.

Este documento es elaborado para uso de la Oficina de Desarrollo de Infraestructura Vial (ODIV) de dicha institución, de acuerdo al trabajo realizado en el transcurso del desarrollo de la práctica profesional controlada.

## 2 Descripción

El presente documento divide las especialidades en tres categorías, en primera parte es definida una sección de antecedentes, los cuales son de suma importancia para el desarrollo de las especialidades. En una segunda parte son descritas a cabalidad las otras especialidades que deben ser revisadas dentro de la ODIV, donde se presenta contenido técnico referido a cada una de las especialidades que son criterios dentro de la revisión de estas.

En una tercera parte se mencionan los proyectos o especialidades que deben ser derivados a otra oficina del SERVIU u otra entidad del Estado de Chile para su revisión, con el contenido que estos deben contemplar.

De manera resumida el documento es dividido en las siguientes partes:

- **Antecedentes:**

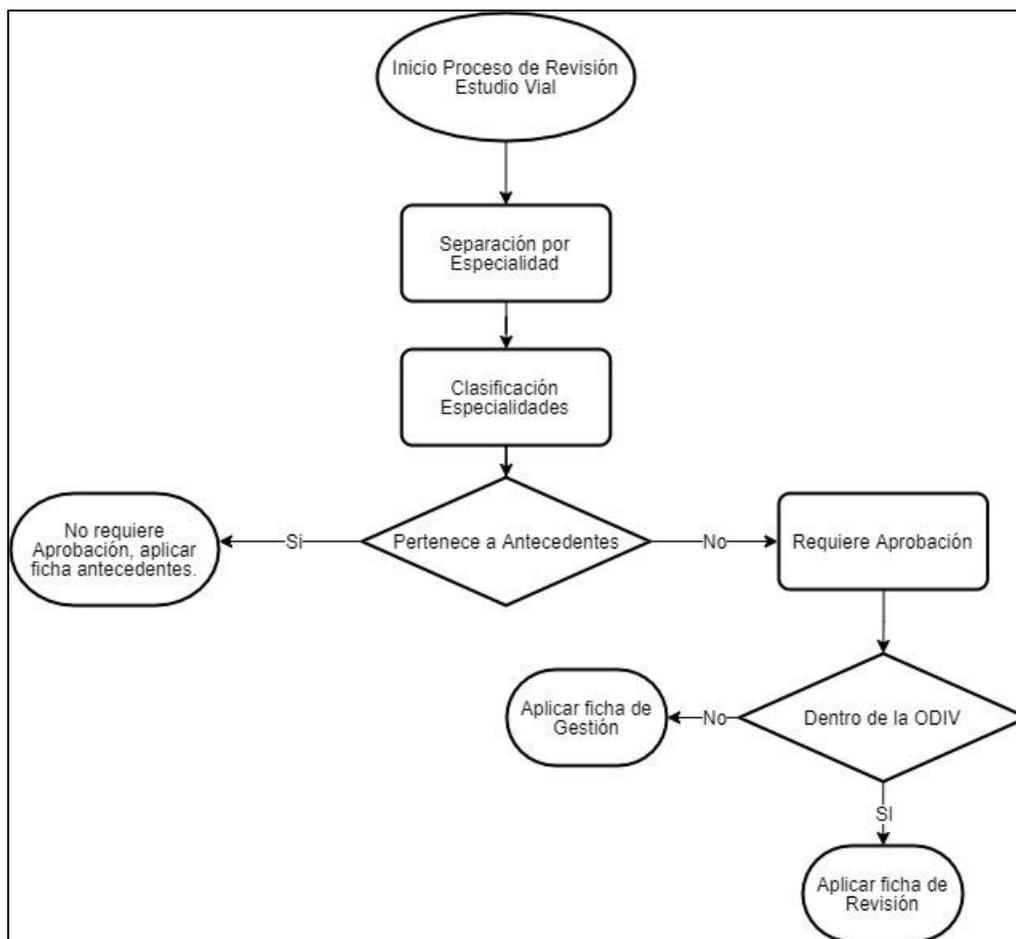
- Topografía.
- Mecánica de Suelos.
- Estudio de Demanda y de Tránsito.
- Monografías.

- **Revisión:**

- Diseño Geométrico.
- Diseño de Pavimentos.

- Proyecto de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias.
- Estructuras Menores.
  
- **Gestión:**
  - Proyecto de Desvíos de Tránsito.
  - Proyecto de Semaforización, Sincronismo y Comunicaciones.
  - Proyecto de Señalización y Demarcación.
  - Proyecto de Modificación de Servicios.
  - Proyecto de Iluminación.
  - Proyecto de Arquitectura y Paisajismo.
  - Proyecto de Riego.
  - Proyecto de Expropiaciones.
  - Proyecto de Puentes.
  - Estudios Territoriales y Ambientales.
  - Cubicaciones y Presupuestos.
  - Intervención de Cauces.

Es presentado un diagrama de flujo que sirve de guía para la secuencia de uso de la presente metodología:



**Figura A.2.1.** Diagrama de flujo sugerencia proceso de revisión estudio vial dentro de la ODIV.

### 3 Antecedentes

Dentro de este capítulo son mencionados los documentos que deben estar presentes en el estudio, pues son de suma importancia para el correcto desarrollo de las demás especialidades pues son datos de entrada para el diseño o elaboración del proyecto.

Aquella información es la presentada a continuación:

#### 3.1 Topografía

Es la información del terreno existente, sobre el cual se proyectará el nuevo diseño, es por esto que es de suma importancia que esta sea correcta y sea suficiente, esta debe estar bajo un sistema de referencia único: en un contexto general, se debe adoptar y trabajar en base a un sistema de referencia geodésico nacional único, específicamente en el Sistema de Referencia Nacional Geodésico Mundial del año 1984, bajo los siguientes parámetros:

- Elipsoide: WGS 84.
- Datum: SIRGAS.
- Huso: 18S
- Sistema de coordenadas: UTM

Los trabajos de topografía pueden estar agrupados en:

- Topografía general.
- Topografía de sectores especiales.
- Topografía para drenaje.
- Topografía para puentes (En caso de ser necesario).

#### 3.2 Mecánica de Suelos

Debe haber existencia de estudios de Mecánica de Suelos, donde a criterio de la institución revisora, dentro del marco normativo debe estar determinada la cantidad y frecuencia de las muestras de suelo que deben ser analizadas. En resumen, la frecuencia de calicatas es la siguiente:

Según la Norma Chilena NCh1508 (Instituto Nacional de Normalización, 2014) frecuencia mínima de calicatas para vías urbanas es una cada 150 metros, con un mínimo de dos pozos. La profundidad mínima de estos debe ser de: 1.5 metros

El estudio de mecánica de suelos debe contener la siguiente información:

- Listado de pozos indicando su emplazamiento, profundidad y nivel de cada muestra.
- Resumen de resultados de los ensayos efectuados.
- Memoria de determinación de los parámetros de diseño del proyecto.

Además, los antecedentes que deben estar adjuntados son:

- Características y propiedades del terreno natural.
- Niveles de fundación de los pavimentos.
- Capacidad de soporte del suelo de fundación.
- Relleno compactado en terraplenes.
- Empuje de tierras sobre elementos de contención.
- Tensiones admisibles del suelo para diseños de estructuras.
- Especificaciones generales y especiales.
- Exploraciones y ensayos de mecánica de suelos.

Adicionalmente, en caso de existir la necesidad de algún diseño de puentes, deben estar considerados los sondeos necesarios.

### **3.3 Estudio de Transporte**

El consultor debe entregar un estudio de demanda que ayude a construir el diagnóstico y cuantificar los beneficios de cada alternativa de mejoramiento propuesta, en base a la recopilación de antecedentes y variables de tránsito que permitan calibrar el modelo de transporte (SATURN), modelar las alternativas de proyecto, cuantificar socialmente sus costos de inversión y evaluar socialmente cada una de ellas. Dicho análisis permitirá recomendar técnicamente qué alternativa se recomienda para desarrollar a nivel de ingeniería de detalles. Dicho estudio debe ser aprobado por la Secretaría de Planificación de Transporte (SECTRA).

### **3.4 Monografías**

Debe entregarse monografías correspondientes a las obras existentes, conteniendo descripciones e información de todas ellas, deben entregarse las siguientes monografías, con la información que corresponde a cada una de ellas.

- 1) **Monografías de servicios** (Agua Potable, Aguas Servidas, Gas, Redes Eléctricas).

Debe contener:

- Ubicación : Metraje y ubicación particular.
- Tipo : Indicar al tipo de servicio que corresponde.
- Estado : Indicación si se requiere reposición del servicio.

2) **Monografías de pavimentos existentes.**

Auscultación visual y ensayos no destructivos que informen el estado del pavimento.

3) **Monografías de drenajes.**

Información referida a obras de arte, debe contener:

- Ubicación.
- Tipo
- Dimensiones de la sección transversal.
- Estado general de las mismas.

4) **Monografías de estructuras existentes.**

Información relacionada a los puentes y pasos superiores o inferiores existentes de acuerdo a los procedimientos establecidos en la “Guía de inspección para mantenimiento de puentes” del MOP.

5) **Monografías de semáforos y señalización existentes**

Levantamiento de los sistemas de tráfico existentes en la zona de influencia del Eje Vial.

Las monografías anteriormente mencionadas deben ser presentadas en plantas desarrolladas a escala 1:500.

## 4 Revisión

Dentro de este capítulo son mencionados los proyectos o especialidades que son revisados dentro de la ODIV de Serviu Región de la Araucanía, donde es descrito brevemente y además son mencionados criterios de revisión para su aprobación.

### 4.1 Diseño Geométrico

Es considerado que el diseño geométrico comienza cuando es definida una velocidad de diseño en base a los antecedentes del estudio, la cual para estudios viales urbanos está limitada actualmente por ley con un máximo de velocidad de **50 [km/h]**.

Esta velocidad de diseño estipula que teóricamente no debería ser sobrepasada por los vehículos, determinando así parámetros de diseño máximos y mínimos en base a estas velocidades con la finalidad de conservar la integridad y seguridad de los usuarios de estas vías.

En base a lo mencionado anteriormente, dentro del REDEVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2009), se presentan distintos parámetros dependientes de la velocidad de diseño, los cuales deben ser respetados para asegurar la integridad de las personas.

A continuación, son presentados los principales parámetros de diseño geométrico dependientes de la velocidad de diseño:

**Tabla A.4.1.1.** Parámetros de Diseño Alineamiento Horizontal.

| <b>Velocidad de Diseño (Km/h)</b> | <b>R: Radio Mínimo</b> | <b>Peraltes (p%)</b> | <b>Desarrollo Para Radio Mínimo (m)</b> | <b>Radio Límites en Contraperalte (m)</b> |
|-----------------------------------|------------------------|----------------------|---|---|
| 30                                | 22                     | ≤ 4%                 | 20                                      | 50  |
| 40                                | 50                     | ≤ 4%                 | 30                                      | 110                                       |
| 50                                | 85                     | ≤ 4%                 | 40                                      | 220                                       |

**Tabla A.4.1.2.** Parámetros de Diseño Alineamiento Vertical.

| <b>Velocidad de Diseño (Km/h)</b> | <b>Constante de la curva convexa</b> | <b>Constante de la curva concava</b> | <b>Constante de la curva concava iluminada</b> |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 30                                | k >150                               | k >250                               | k >150   |
| 40                                | k >250                               | k >450                               | k >250   |
| 50                                | k >550                               | k >800                               | k >400   |

Además, se debe buscar cumplir las siguientes condiciones:

- a) Pendiente Longitudinal: Similar a la existente en Terreno.
- b) Curvas Verticales: Diseñadas con el criterio de visibilidad de parada.

A partir de lo solicitado regularmente en los Términos de Referencia de Estudios Viales solicitados por SERVIU Región de la Araucanía, se presentará una breve descripción de los parámetros solicitados en dicho documento y a continuación, para cada ítem se realizarán sugerencias de revisión dentro del Diseño Geométrico entregado por parte del consultor.

#### 4.1.1 Trazado en Planta:

##### Eje de Replanteo:

Habitualmente el eje de replanteo de una calzada está ubicado en el eje de simetría del perfil tipo propuesto, con la excepción de que se presenten irregularidades en partes específicas del diseño, como lo pueden ser modificación del número de pistas, por ejemplo.

En ese caso es requerido discontinuar el eje, y deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se debe asegurar que se mantenga la continuidad de cada una de las pistas que constituyen la calzada, tanto en planta como en elevación.
- Además, el eje se puede mantener realizando la modificación de la sección tipo, quedando este en una posición diferente al eje de simetría de la calzada.
- Si se opta por discontinuar el eje, esto debe estar claramente reflejado en los planos, y además presentar las secciones tipo a utilizar en cada tramo del eje considerado.

##### Puntos Singulares del Eje de Replanteo:

##### Descripción:

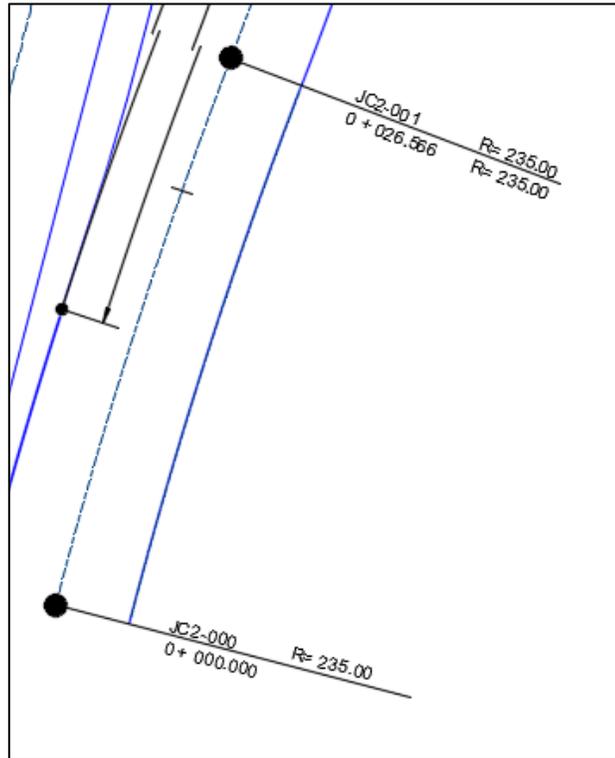
- 1) Puntos de inicio y final de los ejes de replanteo: Si los puntos de inicio y fin empalman con la vialidad existente, los puntos de inicio y final, serán los puntos límites de faenas.

Si los ejes empiezan o terminan sobre algún elemento de vial perteneciente al proyecto, eje o borde de pista, los puntos de inicio y termino serán los puntos de tangencia con dichos elementos.

- 2) Punto de tangencia entre alineaciones: Los puntos de tangencia de elementos tanto rectas como circulares y de transiciones, es determinado gráficamente en la etapa de prediseño. A nivel de proyecto corresponde **determinar las coordenadas (x, y)** de dichos puntos.

## Sugerencias de Revisión

Tanto para los puntos de inicio, final y de tangencia entre las alineaciones que componen el Eje de Replanteo, deben estar indicados con alguna marca característica, además de definido con numeración ascendente, distancia al origen y radio asociado a cada tramo (En caso de ser recta se puede asociar un radio infinito), tal cual como se muestra en la siguiente imagen de referencia:



**Figura A.4.1.1.1.** Ejemplo Descripción de Puntos Singulares

### Representación Matemática de los Ejes de Replanteo:

#### Descripción:

A continuación, se presentan aquellos puntos considerados de importancia para la representación matemática de los ejes de replanteo:

- 1) Distancia al Origen (DO) de los puntos singulares (PS): Longitud desde el inicio de eje de replanteo hasta el PS en cuestión, debe ir indicada en cada PS que se presenta.
- 2) Coordenadas de los Puntos Singulares (PS): coordenadas (x, y) de cada PS.

- 3) Azimut de los ejes en puntos singulares: Angulo de la tangente con respecto al norte.
- 4) Características de las alineaciones en planta: Tipo de alineación (sea recta, círculo o clotoide), existente entre dos PS's (tramificado), valor de radio de curvatura, variación de azimut entre dos puntos sucesivos del arco, coordenadas de centros de circunferencias, valor del parámetro A de las clotoides, y longitud de las alineaciones constituidas del eje de replanteo.
- 5) Características de los vértices: Coordenadas (x, y) de los vértices de la poligonal envolvente de trazado en planta y longitud de la tangente desde el eje a dichos vértices, requerido tanto para el caso de arco circular, como clotoides.
- 6) Validación de ejes de replanteo: Las coordenadas de los PS deben trasladarse a la planta topográfica, con la finalidad de dibujar los nuevos ejes con la mayor precisión posible, en caso de detectar que la posición del eje cambia con respecto a la del prediseño, se realizan los ajustes pertinentes.
- 7) Configuración de las calzadas: Los bordes de calzadas que junto a los ejes de replanteo completan la representación de las mismas. Estos bordes deben ser dibujados a partir de los ejes de replanteo, en base a las secciones tipo definidas, ancho de calzada y dispositivos especiales.
- 8) Configuración de otros elementos de la plataforma vial: La posición y/o forma de todos los elementos urbanos individualizados deben adaptarse al trazado de las calzadas y además deben diseñarse de acuerdo a lo que dicen las REDEVU, adoptando sus mismos nombres.

Cuando sean utilizadas opciones o elementos individualizados que no estén dentro de los que son las REDEVU, se deberá abundar sobre eso con detalles en planta que describan cabalmente las modificaciones.

- 9) Veredas: La continuidad de las vías peatonales, debe ser asegurada y las superficies destinadas a tal uso, mediante recursos gráficos.
- 10) Intersección de ejes: Las coordenadas (x, y) de las intersecciones de los ejes de replanteo deben ser calculadas, con los fines de establecer las DO de los puntos de cruce en cada uno de los ejes involucrados, compatibilizar los perfiles longitudinales de los mismos y situar las estructuras que el diseño pudiera contemplar en tales puntos.
- 11) Diagrama de curvatura y peraltes: Se deberá completar la descripción grafica del trazado en planta con diagramas de curvatura y de peraltes. Este último, además de indicar el desnivel relativo de los bordes de calzada con respecto al eje de replanteo, debe informar del ancho de calzada proyectada y de la ubicación, cuantía y forma de sus variaciones.
- 12) Puntos de Perfiles (PP): El consultor debe producir un listado de coordenadas (x, y) de puntos **cada 20 metros**, para cada uno de los ejes de replanteo definidos. Estos puntos como su nombre lo indica, serán aquellos en los cuales se apoyarán los perfiles transversales que deben producirse. Se puede decir que pasan a ser las **líneas de muestreo**.
- 13) Datos de replanteo: Una vez consolidado el eje, posterior a su factibilidad en elevación, el consultor debe generar un listado de datos de replanteo. Para ello debe definir un conjunto de puntos de terreno (vértices de la poligonal más puntos auxiliares), cuyas coordenadas (x, y) deben ser replanteadas, y referir cada PP a un par conveniente de dichos puntos (base de replanteo), mediante la explicación de los datos de triángulo formado por dicho PP.
- 14) Perfiles tipo y detalles: Deben ser detallados gráficamente, las características geométricas y materiales de la sección tipo considerada para las calzadas del anteproyecto. Las alteraciones de esta sección tipo, debidas al diseño de dispositivos especiales como lo pueden ser: pistas de giro, estacionamientos aislados, ensanches y reducciones en general),

deben quedar descritas por las correspondientes referencias a las REDEVU y/o por los detalles gráficos que se requieran para ello.

### Sugerencias de Revisión

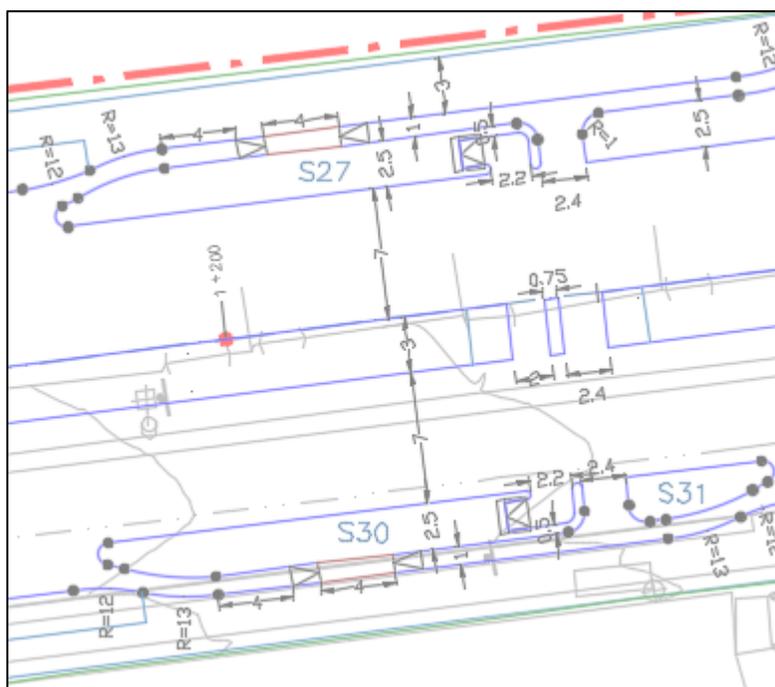
- 1) Para los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 se puede tener información a partir de los cuadros de coordenadas asociados a cada eje de replanteo, los cuales indican las distancias al origen de cada punto singular (PS), el nombre asociado a cada uno de estos, la distancia entre cada uno de los puntos sucesivos, el radio asociado al tramo, coordenadas (x, y) de cada punto y acimut. Lo siguiente se puede apreciar en el cuadro ejemplo presentado a continuación como posible guía o referencia, donde se menciona en la parte superior el nombre asignado al eje de replanteo que es mencionado:

| EJE DE REPLANTEO 'JC2' JAVIERA CARRERA |                        |           |            |                |           |            |            |               |
|--|------------------------|-----------|------------|----------------|-----------|------------|------------|---------------|
| DISTANCIA<br>AL ORIGEN                 | PUNTOS SINGULARES (PS) |           |            | INTERSECCIONES |           | X<br>(m)   | Y<br>(m)   | ACIMUT<br>(g) |
|  | N° PS                  | DIST. (m) | R o A (m)  | EJE            | DIST. (m) |            |            |               |
| 0 + 000.000                            | PS-000                 |           |            |                |           | 275969.036 | 711296.908 | 1.318         |
| 0 + 026.566                            | PS-001                 | 26.566    | R= 235.00  |                |           | 275977.118 | 711322.201 | 1.205         |
| 0 + 053.132                            | PS-002                 | 26.566    | R= -235.00 |                |           | 275985.199 | 711347.493 | 1.318         |
| 0 + 088.750                            | PS-003                 | 35.618    | R=Infinito |                |           | 275994.106 | 711381.979 | 1.318         |
| 0 + 117.241                            | PS-004                 | 28.491    | R= 989.00  |                |           | 276001.627 | 711409.458 | 1.289         |
| 0 + 124.441                            |                        | 25.629    | R= -235.00 | LD4            |           | 276003.522 | 711416.404 | 1.320         |
| 0 + 142.870                            | PS-005                 |           |            |                |           | 276007.393 | 711434.417 | 1.398         |
| 0 + 169.442                            | PS-006                 | 26.572    | R= 235.00  |                |           | 276013.423 | 711460.281 | 1.285         |

**Figura A.4.1.1.2.** Ejemplo cuadro de coordenadas para un Eje de Replanteo

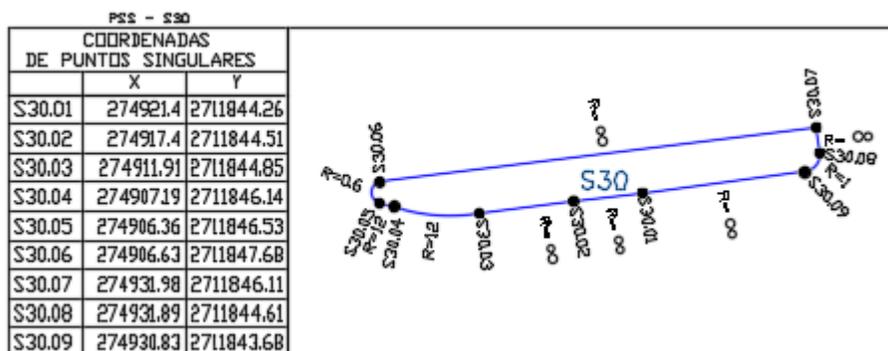
- 2) Para los puntos 6 ,7 ,8, 9 y 10, los cuales tienen relación con la representación en la planta topográfica de los ejes de replanteo, los puntos singulares, la configuración de las calzadas asociadas a los perfiles tipo, dispositivos especiales, veredas, intersección de ejes y cualquier otro dispositivo que deba adaptarse de acuerdo al trazado. Se deben verificar en la planta del diseño geométrico presentado.

A continuación, se presentan ilustraciones, con ejemplos de la presentación de dichos aspectos mencionados:



**Figura A.4.1.1.3.** Presentación en planta de distintos elementos del diseño geométrico

En la **Figura A.4.1.1.3** se presenta en detalle la representación gráfica de diversos elementos que componen el diseño, como lo son: los anchos de calzada asociados al eje, las descripciones de dispositivos especiales, la distancia el origen (DO) de puntos singulares (PS), y cualquier distancia o cota que se considere importante para la representación en terreno.



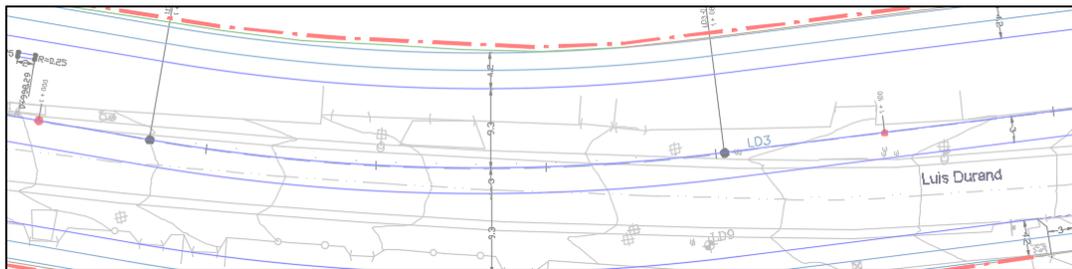
**Figura A.4.1.1.4.** Puntos Singulares de un dispositivo especial.

A partir de la descripción del dispositivo presentada en la **Figura A.4.1.1.3**, es generada una tabla de coordenadas para los puntos singulares indicados, junto con los radios asociados, tal cual como se muestra en la **Figura A.4.1.1.4**.

- 3) La información referida al punto 11, diagrama de curvaturas y peraltes está contenida en la presentación de los perfiles longitudinales de cada eje de replanteo, donde debería estar claramente identificado y señalado cada uno de ellos. El diagrama de curvatura debe representar en que tramos hay presencia de curvas, el sentido de estas y el radio que poseen dichas curvas. El diagrama de peralte debe mostrar el comportamiento de ambos bordes de la calzada con respecto a un eje en los tramos de desarrollo de las curvas.

La **Figura A.4.1.2.1**, hace referencia a la presentación del diagrama de curvatura y de peraltes presentes en los perfiles longitudinales de cada eje de replanteo.

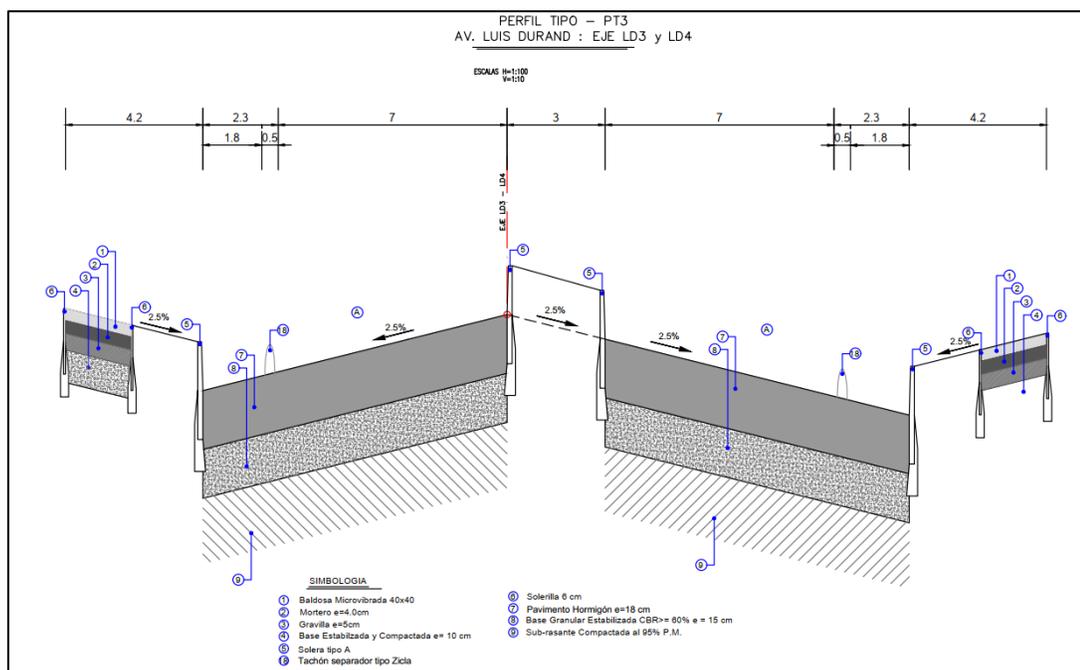
- 4) Para los Puntos de Perfiles mencionados en el punto número 12, son aquellos puntos en los que se toman los perfiles transversales, y generalmente presentan una marca característica sobre la alineación que los diferencia, como se muestra en la imagen representativa:



**Figura A.4.1.1.5.** Puntos de Perfiles del Eje de Replanteo.

En la **Figura A.4.1.1.5**, se hace referencia a los puntos de perfiles, los cuales son representados con un pequeño segmento transversal al eje de replanteo en cuestión, estos son solicitados generalmente cada 20 metros, pero puede variar para cada estudio, esto dependerá de los requerimientos en particular de cada uno.

- 5) En el punto 14 que hace referencia a los perfiles tipo, se deben presentar todos los perfiles tipo considerados en el estudio y los tramos correspondientes a los que estos están asociados, para lograr identificar con claridad a que tramos corresponden estos, a continuación, se presenta una imagen ilustrativa de los perfiles tipo:



**Figura A.4.1.1.6.** Perfil Tipo con todos sus elementos.

Tal cual como fue mencionado, la **Figura A.4.1.1.6**, presenta la información necesaria para lograr identificar los parámetros característicos de la sección, como lo son el eje al que está asociado y la ubicación de este, los anchos de cada elemento, una simbología clara, que a la vez presente los espesores asociados, y bombeos asociados.

#### 4.1.2 Trazado en Elevación

##### Descripción:

Para cada eje en planta replanteado, se deberá obtener un perfil longitudinal, con cotas relativas y oficiales, y perfiles transversales basados en cada punto de perfil presente, que cubran la franja topografiada.

- 1) Perfiles longitudinales de proyecto: El proyectista, deberá asociar a cada eje de replanteo en planta, un perfil longitudinal, compuesto por alineaciones rectas y parabólicas, de acuerdo al REDEVU, la finalidad de tal procedimiento es acotar verticalmente los PP de los ejes en planta, resolviendo la continuidad alimétrica entre calzadas, proyectadas y existentes y minimizando los costos de construcción y movimientos de tierra.
- 2) Perfiles transversales de proyecto: Son requeridos perfiles transversales de las calzadas proyectadas cada 20 metros, basados en los perfiles de terreno levantadas para tal efecto en cada uno de los PP calculados. estos perfiles transversales deben ser consistentes con los anchos de calzada y pendientes transversales calculados para cada PP, y que son material de los diagramas de peralte indicados anteriormente.

##### Sugerencias de Revisión:

- 1) Para los perfiles longitudinales de cada eje de replanteo se estipula como sugerencia la siguiente información:
  - Número del Perfil Transversal (PT)
  - Distancia al origen (DO) del PT [m]
  - Distancia entre puntos sucesivos [m]
  - Cota de Terreno
  - Cota de Proyectos en los PPs
  - DO [m] de vértices y tangentes
  - Cota de proyecto en vértices y tangentes





## **4.2 Diseño de Pavimentos**

### **Descripción**

Para el diseño de los pavimentos en intersecciones que se modifiquen, se utilizara como referencia para los métodos requeridos, aquellos sugeridos en AASHTO Road Test con sus ampliaciones posteriores.

Si se tuviera empalmes con calzadas ya ejecutadas y con distintos tipos de pavimentos, debería especificarse la solución a dar en las discontinuidades de espesores de capas.

Deberá entregarse una memoria detallada con la determinación de los parámetros que intervienen en el diseño del pavimento.

Por cada diseño de pavimentos, o algún cambio que se presente, deberá generarse un perfil tipo, indicando claramente los espesores que tenga cada capa considerada, señalando además en que tramos ira cada uno de estos diseños.

En caso de juntas de pavimento de hormigón, se podrán diseñar barras de traspaso de cargas, y de amarres diferentes a las especificadas en el Manual de Carreteras, Volumen 3, con la justificación técnica pertinente, adjuntada en la memoria de cálculo.

A nivel de Vialidad Urbana, los posibles tipos de pavimentos que pueden ser utilizados son: pavimentos flexibles y pavimentos rígidos, dentro de los cuales se detallará más en las sugerencias de revisión de cada uno de estos tipos de pavimento.

### **Sugerencias de Revisión**

Para el diseño de pavimentos es muy importante la información proveniente del estudio de transporte, de donde es posible obtener la cantidad de ejes equivalentes a lo largo de su vida de diseño, dato con el cual se procede a iniciar el diseño de los pavimentos y permite tener una visión clara de la proyección del flujo vehicular y peatonal que se llegará a tener en la zona estudiada.

A continuación, se detallan las sugerencias de revisión para cada tipo de pavimento de los mencionados anteriormente:

### 4.2.1 Pavimentos Flexibles

El método de diseño de pavimentos flexibles está basado en el método AASHTO, fundamentalmente en la versión del año 1993 con algunas precisiones y complementos para ajustarlo más a la realidad chilena.

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 durante su vida útil.

$$EE=(NE+25,4)^{9,36} \cdot 10^{(-16,40+ZR \cdot S_0)} \cdot MR^{2,32} \cdot \left[ \frac{pi-pf}{pi-1,5} \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (A.4.2.1.1)$$

$$\beta=0,40+\left[ \frac{97,81}{NE+25,4} \right]^{5,19} \quad (A.4.2.1.2)$$

Donde,

EE : Ejes equivalentes de 80KN acumulados durante la vida de diseño.

NE : Número estructural [mm]

$$NE=a1 \cdot h1+a2 \cdot m2 \cdot h2+a3 \cdot m3 \cdot h3$$

a1,h1 : Coeficiente estructural y espesor [mm] de cada una de las capas asfálticas o tratadas que componen el pavimento.

m2,m3 : Coeficiente de drenaje de las capas no tratadas (bases y sub bases granulares).

ZR : Coeficiente estadístico que depende del nivel de confianza que se adopte.

S0 : Desviación estándar del error combinado de todas las variables que intervienen en el modelo

MR : Módulo resiliente del suelo de la subrasante [MPa]

Pi : Índice de Serviabilidad inicial

Pf : Índice de Serviabilidad fina

**Tabla A.4.2.1.** Índices de Serviciabilidad de pavimentos.

|  |     |
|--|-----|
| Índice de Serviciabilidad Inicial (pi) | 4,2 |
| Índice de Serviciabilidad Final (pf)   | 2,0 |

### Solicitaciones

El cálculo de las solicitudes expresadas como Ejes Equivalentes (EE) debe tener consideración de los siguientes aspectos:

- El TMDA para el año de partida, así como sus proyecciones, deberá responder a un estudio de demanda específico para la vía que se está diseñando.
- El proyecto debe sectorizarse en tramos homogéneos en los cuales las solicitudes acumuladas durante la vida de diseño (EE) sean iguales.
- Es ideal que sean realizados pesajes de ejes para establecer, al menos un orden de magnitud de los EE por tipo de vehículo.
- Debe asegurarse que los flujos que efectivamente circularán por la ruta y que se utilizan para calcular los EE en ningún momento superen la capacidad de la vía, pues en el momento que se alcanza la vida de diseño las solicitudes deben permanecer constantes.
- Debe ser presentado un cuadro del cálculo de los EE, debe incluir al menos antecedentes relacionados con el periodo de diseño, el TMDA para cada año, total y para cada una de las categorías en las que fue dividido el tránsito, el factor de pista de diseño, los EE estimados para cada año y los acumulados.

La vida de diseño debe ser seleccionada con el siguiente criterio:

**Tabla A.4.2.2.** Vida de Diseño de pavimentos según tipo de vía.

| CLASIFICACIÓN DE LA VÍA        | VIDA DE DISEÑO (AÑOS) |
|--------------------------------|-----------------------|
| Tránsito alto en zonas urbanas | 10 – 30               |
| Tránsito medio y bajo          | 5 - 20                |

## Verificación

Para la verificación de cada perfil transversal y el diseño de pavimentos asociado a estos, es necesario reemplazar los parámetros presentados por el proyectista debidamente justificados en la ecuación (A.4.2.1.1) de cálculo de ejes equivalentes asociado a pavimentos flexibles. Estos parámetros son: espesores de cada capa, coeficiente estructural de cada una de las capas asfálticas o tratadas que componen el pavimento, coeficiente de drenaje de las capas no tratadas (bases y sub bases granulares), coeficiente estadístico que depende del nivel de confianza que se adopte, desviación estándar del error combinado de todas las variables que intervienen en el modelo, módulo resiliente del suelo y los índices de serviciabilidad inicial y final.

Como en la memoria de diseño de pavimentos se entrega el valor de los espesores de cada capa que compone el pavimento, se reemplazan estos valores mencionados anteriormente y se obtiene un valor teórico de Ejes Equivalentes (EE).

Este valor obtenido de EE debe ser igual o mayor al valor de EE entregado en el Estudio de Transporte.

De ser un valor menor, el pavimento no será capaz de soportar las solicitaciones de la vía en su vida útil.

Dentro del Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018), se encuentran cartillas de diseño disponibles para determinar los espesores de los pavimentos a nivel de anteproyecto, los cuales deben ser verificados según lo presentado anteriormente con las ecuaciones A.4.2.1.1 y A.4.2.1.2. Las cartillas de diseño son presentadas a continuación:

**Tabla A.4.2.3.** Cartilla de Diseño para Vías de Servicio Locales y pasajes con base y sub base no estabilizadas.

| Tipo de Vía        | Tránsito       | Capa              | Módulo Dinámico [Mpa] | Estabilidad Marshall [N] | CBR Capa [%] | CBR Subrasante [%] |       |        |         |      |
|--------------------|----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|--------------|--------------------|-------|--------|---------|------|
|                    |                |                   |                       |                          |              | = < 3              | 4 a 7 | 8 a 12 | 13 a 20 | > 20 |
| Pasajes            | < 50.000 EE    | Carpeta Asfáltica | 4800 - 1200           | Minimo: 6000             |              | 40                 | 40    | 40     | 40      | 40   |
|                    |                | Base Granular     |                       |                          | CBR ≥ 100    | 150                | 150   | 150    | 150     | 150  |
|                    |                | Sub-base Granular |                       |                          | CBR > 20     | 150                | 150   | 150    | 150     | ---  |
|                    |                | Mejoramiento      |                       |                          | CBR > 20     | 350                | 200   | ---    | ---     | ---  |
| Calles Locales     | < 20.000 EE    | Carpeta Asfáltica | 4800 - 1200           | Minimo: 6000             |              | 40                 | 40    | 40     | 40      | 40   |
|                    |                | Base Granular     |                       |                          | CBR > 100    | 150                | 150   | 150    | 150     | 200  |
|                    |                | Sub-base Granular |                       |                          | CBR > 20     | 150                | 150   | 200    | 150     | ---  |
|                    |                | Mejoramiento      |                       |                          | CBR > 20     | 350                | 200   | ---    | ---     | ---  |
| Calles de Servicio | < 1.000.000 EE | Carpeta Asfáltica | 8700 - 3200           | Minimo: 9000             |              | 50                 | 50    | 50     | 50      | 50   |
|                    |                | Binder            | 8701 - 3200           | Minimo: 8000             |              | 50                 | 50    | 50     | 50      | 50   |
|                    |                | Base Granular     |                       |                          | CBR > 80     | 150                | 150   | 150    | 150     | 200  |
|                    |                | Sub-base Granular |                       |                          | CBR > 20     | 150                | 150   | 200    | 150     | ---  |
|                    |                | Mejoramiento      |                       |                          | CBR > 20     | 350                | 200   | ---    | ---     | ---  |

**Tabla A.4.2.4.** Cartilla de diseño para Vías Locales y Pasajes, con base y sub base estabilizadas.

| Tipo de Vía    | Tránsito    | Capa              | CBR Subrasante [%] |       |        |         |         |      |
|----------------|-------------|-------------------|--------------------|-------|--------|---------|---------|------|
|                |             |                   | = < 3              | 4 a 7 | 8 a 12 | 13 a 16 | 17 a 20 | > 20 |
| Pasajes        | < 50.000 EE | Carpeta Asfáltica | 40                 | 40    | 40     | 40      | 40      | 40   |
|                |             | Base Granular     | 450                | 350   | 300    | 300     | 150     | 150  |
| Calles Locales | < 20.000 EE | Carpeta Asfáltica | 40                 | 40    | 40     | 40      | 40      | 40   |
|                |             | Base Granular     | 550                | 350   | 300    | 300     | 150     | 150  |

#### 4.2.2 Pavimentos Rígidos

El diseño estructural de un pavimento rígido está condicionado por una serie de factores que determinan su buen desempeño durante su vida útil, estos factores son expresados en la siguiente ecuación, proveniente del método empírico mecanicista, obtenidas del Manual de Carreteras Volumen N°3 (Dirección de Vialidad - Ministerio de Obras Públicas, 2018).

$$\log W_{18} = \log R + \frac{G}{F} + (5.065 - 0.03295 * p_f^{2.4}) * \left( \log \left( \frac{S_c'}{\sigma_t'} \right) - \log \left( \frac{4.754}{\sigma_t} \right) \right) + Z_R * S_0 \quad \text{A.4.2.2.1}$$

$$\log R = 5.85 + 7.35 * \log \left( \left( \frac{D}{25.4} \right) + 1 \right) - 4.62 * \log \left( \left( \frac{L_1}{4.45} \right) + L_2 \right) + 3.28 * \log (L_2) \quad \text{A.4.2.2.2}$$

$$F = 1.0 + \frac{3.63 * \left( \left( \frac{L_1}{4.45} \right) + L_2 \right)^{5.2}}{\left( \left( \frac{D}{25.4} \right) + 1 \right)^{8.46} * L_2^{3.52}} \quad \text{A.4.2.2.3}$$

$$G = \log \left( \frac{p_i - p_f}{p_i - 1.5} \right) \quad \text{A.4.2.2.4}$$

Donde:

$W_{18}$  : Ejes equivalentes de 80 kN (EE) acumulados durante la vida de diseño.

$Z_R$  : Coeficiente estadístico, asociado al Nivel de Confianza. (1-R) en una curva de distribución normal estándar.

- $S_0$  : Desviación estándar de la combinación de errores de predicción de tránsito y de predicción del comportamiento general del pavimento para un nivel de tránsito dado.
- D : Espesor de la losa (mm).
- $S_c$  : Resistencia media a la flexotracción del hormigón a los 28 días, con carga en los tercios, (MPa).
- $L_1$  : Carga de eje simple, 80 kN.
- $L_2$  : Código de eje simple =1.
- $p_i$  : Índice de serviciabilidad inicial.
- $p_f$  : Índice de Serviciabilidad final.
- $\sigma_t$  : Tensión de tracción máxima en la losa para una condición de carga de borde, en MPa, considerando efecto de temperatura.

En base a estos factores es posible determinar mediante el método empírico mecanicista del AASHTO del año 1998 el espesor de la losa de hormigón para el diseño del pavimento.

### **Verificación**

Para la verificación de cada perfil transversal y el diseño de pavimentos asociado a estos, es necesario reemplazar los parámetros presentados por el proyectista debidamente justificados en la ecuación (A.4.2.2.1) de cálculo de ejes equivalentes asociado a pavimentos rígidos.

Una vez reemplazados los parámetros de diseño presentados por el proyectista, estos deben reflejar un valor mayor o igual a los ejes equivalentes (EE) acumulados en la vida de diseño del pavimento, el cual es obtenido del Estudio de Transporte.

Actualmente existe una cartilla de diseño presente en el Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018), la cual fue desarrollada a partir del método descrito y presenta los espesores de losa y base para el caso general de pavimentos urbanos según el tipo de vía y la cantidad de ejes equivalentes para una vida de 20 años cuyos suelos de subrasante pueden ser caracterizados por su capacidad de soporte, donde es sintetizado el diseño estructural en pavimentos urbanos en Chile. Esta cartilla puede ser utilizada a nivel de anteproyecto para finalmente ser verificada con las ecuaciones descritas anteriormente.

**Tabla A.4.2.5.** Cartilla de Diseño Para Pavimentos de Hormigón.

| Espesor de Pavimentos de Hormigón [mm] |                 |      |             |                    |       |        |         |      |
|--|-----------------|------|-------------|--------------------|-------|--------|---------|------|
| Tipo de Vía                            | Tránsito        | Capa | Resistencia | CBR Subrasante (%) |       |        |         |      |
|  |                 |      |             | ≤ 3                | 4 - 7 | 8 - 12 | 13 - 20 | > 20 |
| Pasaje                                 | ≤ 50.000 EE     | LOSA | Rmf=5 [Mpa] | 150                | 140   | 130    | 130     | 120  |
|  |                 | BASE | CBR ≥ 60%   | 300                | 150   | 150    | 150     | 150  |
| Local                                  | ≤ 200.000 EE    | LOSA | Rmf=5 [Mpa] | 160                | 150   | 140    | 130     | 130  |
|  |                 | BASE | CBR ≥ 60%   | 300                | 150   | 150    | 150     | 150  |
| Servicio                               | ≤ 1.000.000 EE  | LOSA | Rmf=5 [Mpa] | 170                | 160   | 150    | 140     | 140  |
|  |                 | BASE | CBR ≥ 60%   | 300                | 150   | 150    | 150     | 150  |
| Colectora                              | ≤ 3.000.000 EE  | LOSA | Rmf=5 [Mpa] | 180                | 180   | 180    | 180     | 180  |
|  |                 | BASE | CBR ≥ 60%   | 300                | 200   | 200    | 200     | 150  |
| Troncal                                | ≤ 10.000.000 EE | LOSA | Rmf=5 [Mpa] | 220                | 220   | 220    | 220     | 210  |
|  |                 | BASE | CBR ≥ 60%   | 300                | 200   | 200    | 200     | 150  |
| Expresa                                | ≤ 20.000.000 EE | LOSA | Rmf=5 [Mpa] | 250                | 250   | 250    | 250     | 250  |
|  |                 | BASE | CBR ≥ 60%   | 300                | 200   | 200    | 200     | 150  |

Esta cartilla de diseño puede ser utilizada para verificación de espesores de losa y base del pavimento estando dentro de los parámetros para cada una de los tipos de vía presentes en tabla presentada

En caso que las características no estén presentes dentro de la cartilla de diseño de presente se puede verificar el espesor de la losa mediante las ecuaciones del método empírico mecanicista anteriormente mencionado presente en el Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018).

### 4.3 Proyecto de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvia

#### Descripción

El proyecto de evacuación y drenaje de aguas lluvias deberá definir todos los dispositivos y equipos que sirvan al propósito de eliminar aguas superficiales que hayan de llegar a la obra y/o acumularse en algunos puntos, sean estos los existentes adaptados o los nuevos que haya que construir o instalar. Cabe señalar que estos proyectos pertenecen a la red secundaria de aguas lluvias, pues conforman la parte inicial de la conducción de aguas lluvias a las redes de drenaje urbano hasta entregarlas a un sistema de recepción adecuado aguas abajo.

Debe existir una memoria de cálculo que justifique las elecciones de pendientes y diámetros de colectores, al igual que estudios hidrológicos con estimaciones de demanda y toda elección considerada en cuanto al diseño del proyecto.

Lo presentado en los planos debe tener concordancia con las cubicaciones, presupuestos, especificaciones y memorias correspondientes.

Se deben entregar como mínimo los siguientes planos:

- Plano de la planta general de todo el sistema de escurrimiento y drenaje de aguas superficiales. Se debe indicar en este plano: Sección, cotas de fondo, pendiente, longitud, forma y tipo de acueducto de cada elemento del sistema (drenes, fosos, cunetas, bajadas de agua, obras de arte, sumideros, etc.).
- Plano de detalle, el que deberá mostrar, en forma detallada, la forma, dimensiones, cotas de fondo, pendiente, zonas de revestimiento, detalles constructivos de empalmes con obras existentes, armaduras de refuerzo, uniones, cuando corresponda, de cunetas, bajadas de agua, sumideros, fosos, contrafosos, cámaras, sifones, alcantarillas, etc.
- Plano de perfil longitudinal de todos los colectores proyectados. Se debe indicar en este plano: cotas de fondo, pendiente, longitud parcial y acumulada, etc.

## Sugerencias de Revisión

Para la revisión de los proyectos de diseño de redes de secundarias al ser presentados para su aprobación, se deben tener en consideración distintos criterios o valores para la revisión de la memoria de cálculo, los cuales se presentarán a continuación:

### 4.3.1 Caracterización hidrológica

El sistema de drenaje y sus elementos deben ser proyectados y dimensionados que operen con los criterios señalados, cuando se someta a una tormenta de diseño, la cual se define para un periodo de retorno preestablecido con una duración y precipitación total determinadas. Para cualquier tormenta de igual o menor precipitación, duración o periodo de retorno, el sistema debe operar sin fallas ni inconvenientes.

Las características principales que definen la tormenta de diseño son:

**Tabla A.4.3.1.** Características Principales que definen tormenta de diseño.

|   |  |
|---|--|
| Periodo de retorno                        | <p>Tormenta de diseño</p> <p style="text-align: right;">Colector : 10 años<br/>Cuneta y Sumidero : 5 años</p> <p>Tormenta de verificación, periodo de retorno de 100 años.<br/>Para inundación completa de la calzada.</p> |
| Duración total                            | Tiempo de concentración de la cuenca aportante, debe seleccionarse una duración que genere el máximo escurrimiento.  |
| Precipitación total de la tormenta        | Característica climática del lugar, la cual se obtiene de las curvas IDF, seleccionando periodo de retorno y duración.   |
| Distribución temporal de la precipitación | Deben adoptarse distribuciones temporales realistas y que maximicen el escurrimiento que genere la cuenca.   |
| Distribución espacial de la precipitación | Para diseño de elementos de red secundaria se consideran tormentas espacialmente uniformes.  |

### Estimación de la precipitación

Para el diseño de la Red Secundaria, se recomienda adaptar los valores propuestos en el Plan Maestro de Aguas Lluvia de la ciudad correspondiente o la más cercana.

La precipitación total de una lluvia de periodo de retorno T, en años, y duración total D, en horas o minutos, debe ser estimado como:

$$P_D^T = C * CF^T * CD_D * PD^{10} \quad (A.4.3.1.1)$$

$C$  es un coeficiente que adopta un valor de acuerdo al Plan Maestro de la Ciudad correspondiente.

$CF^T$  corresponde al coeficiente de frecuencia, que para Temuco Región de la Araucanía adopta los siguientes valores:

**Tabla A.4.3.2.** Coeficientes de Frecuencia para Temuco. Fuente: Plan Maestro de Temuco.

| Período de retorno (años) | 2    | 5    | 10   | 20   | 50   | 100  | 200  |
|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| $CF^T$                    | 0.67 | 0.87 | 1.00 | 1.12 | 1.27 | 1.39 | 1.51 |

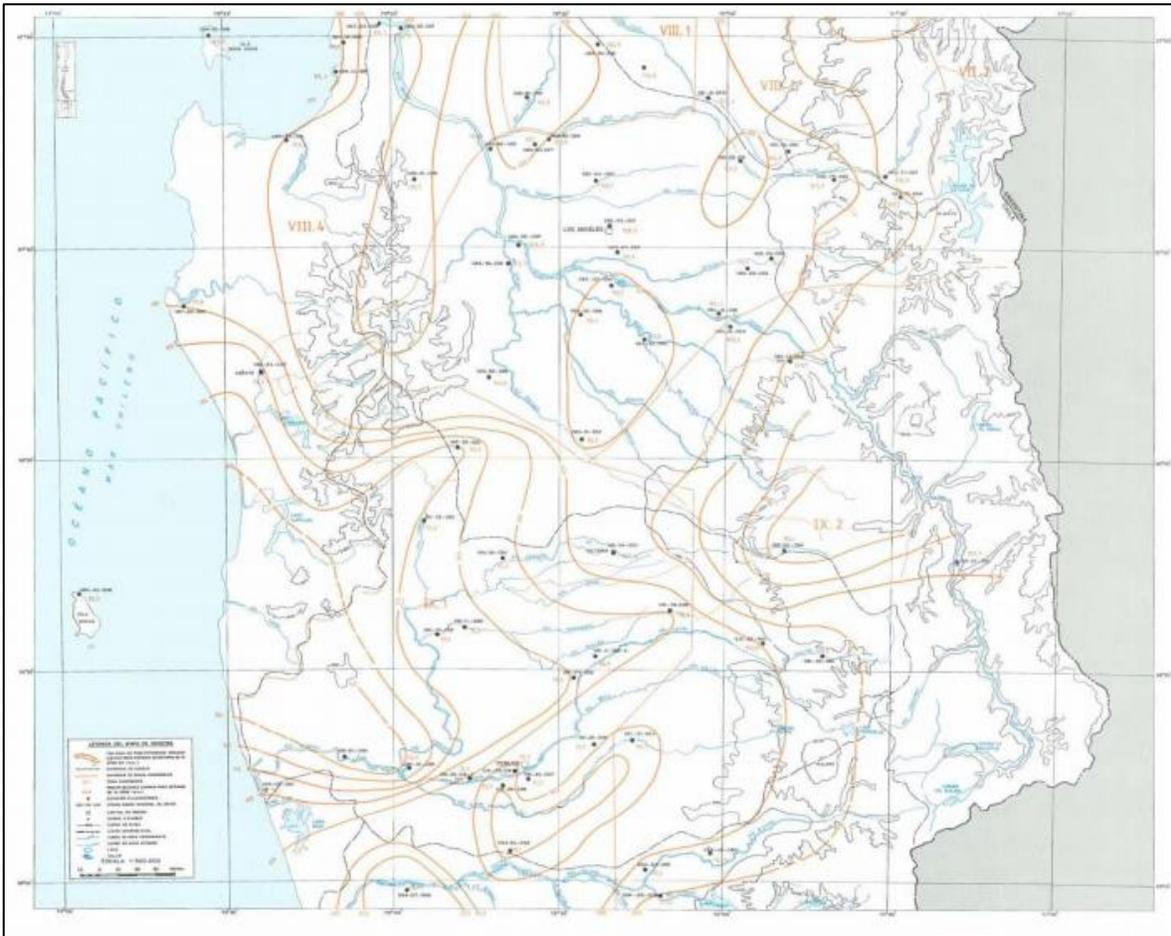
$CD_D$  es un coeficiente de duración cuyos valores para la Región de la Araucanía dependen además del periodo de retorno para lluvias entre 1 y 24 horas:

**Tabla A.4.3.3.** Coeficientes de Duración para Temuco. Fuente: Plan Maestro de Temuco.

| Duración (hr)           | 1     | 2     | 4     | 6     | 8     | 10    | 12    | 14    | 18    | 24    |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T= 2 y 5 años<br>$CD_D$ | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| T= 10 años              | 0.193 | 0.317 | 0.477 | 0.583 | 0.657 | 0.718 | 0.792 | 0.826 | 0.917 | 1.000 |

Para lluvias menores de una hora se recomiendan valores, en relación a la precipitación de 1 hora para cualquier periodo de retorno.

El coeficiente  $PD^{10}$ , representa la precipitación diaria en milímetros con un periodo de retorno de 10 años, que es utilizada como referencia, este valor se obtiene del mapa de isoyetas diarias, a continuación, se presenta el mapa de isoyetas de la Región de la Araucanía.



**Figura A.4.3.1.1.** Mapa de Isoyetas Ciudad de Los Ángeles. Fuente: Dirección General de Aguas.

Además, debe entregarse la información de la intensidad media, para la misma duración  $D$  y periodo de retorno  $T$  ( $I_D^T$ ), la cual se calcula como:

$$I_D^T = \frac{P_D^T}{D} \quad (\text{A.4.3.1.2})$$

, es medida habitualmente en (mm/hora).

### Tiempo de concentración

El conocimiento del tiempo de concentración tiene interés práctico, pues es importante para dimensionar elementos de conducción y transporte.

Se tienen los siguientes posibles métodos de obtención del tiempo de concentración:

## 1) Recorrido de la onda

Se puede analizar el tiempo de concentración según el tiempo que debe recorrer la onda desde la zona más alejada de la cuenca, en ese recorrido son considerados todos los elementos y la cantidad de cada uno de estos en serie por los que debe pasar la onda, sean estos techos, patios, zanjas o cunetas. Considerando todos estos elementos el tiempo de concentración se puede estimar como:

$$T_c = \sum_i^N T_c^i \quad (\text{A.4.3.1.3})$$

Donde  $T_c^i$  en [min] es el tiempo de viaje en el elemento  $i$ , el que es obtenido mediante:

$$T_c^i = \frac{L_i}{60V_i} \quad (\text{A.4.3.1.4})$$

Donde  $L_i$  [m] es la longitud del flujo y  $V_i$  [m/s] la velocidad de onda del elemento, esta última obtenida mediante:

Elementos planos, como patios

$$V = \frac{h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n} + \sqrt{gh}$$

Elementos de conducción, como cauces

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n} + \sqrt{g^* \frac{A}{b}}$$

### Cuencas rurales o previas a ser urbanizadas

- 2) Cuencas rurales relativamente planas con escurrimiento preferentemente superficial.

$$T_c = 0.0195 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Cuencas rurales no planas con escurrimiento preferentemente concentrado.

$$T_c = 0.0203 * \left( \frac{L_1^3}{H} \right)^{0.385}$$

### 3) Cuencas urbanas

Cuencas urbanas relativamente planas, formadas por patios, estacionamientos, parques, techos, calles, etc.

$$T_c = 7 * \frac{L^{0.6} n^{0.6}}{I^{0.4} S^{0.3}}$$

Para cunetas, colectores y cauces relativamente anchos.

$$T_c = \frac{1}{60} \left( \frac{L_1 n}{h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}} \right)$$

El significado de los términos y unidades son los siguientes:

$T_c$  = Tiempo de concentración, en minutos.

$L$  = Longitud de escurrimiento superficial, en metros.

$L_1$  = Longitud del cauce, en metros.

$S$  = Pendiente, en metros por metro.

$H$  = Desnivel en la cuenca, en metros.

$I$  = Intensidad de la lluvia, en mm/hora.

$H$  = Altura media del escurrimiento en planos o cauces, en metros.

$V$  = Velocidad de propagación de la onda, en m/s.

$R$  = Radio hidráulico del flujo, en metros.

$A$  = Área del escurrimiento, en metros cuadrados.

$B$  = Ancho superficial del escurrimiento, en metros.

$n$  = Coeficiente de rugosidad de Manning de la superficie o el cauce, según **Tabla A.4.3.4.**  
Coeficientes  $n$  de Manning según Superficie..

**Tabla A.4.3.4.** Coeficientes n de Manning según Superficie.

| <b>Tipo de Superficie</b>    | <b>Coefficiente n</b> |
|------------------------------|-----------------------|
| Tubos de plástico            | 0.011                 |
| Tubos de cemento asbesto     | 0.012                 |
| Tubos de mortero comprimido  | 0.013                 |
| Calles de hormigón y asfalto | 0.015                 |
| Techos                       | 0.018                 |
| Jardines                     | 0.025                 |
| Superficies de tierra        | 0.030                 |
| Superficies de vegetación    | 0.050                 |

### **Tormentas de diseño**

Para dimensionar los elementos de drenaje de una urbanización, se supone que sobre la cuenca se recibe una tormenta de diseño, debiendo funcionar adecuadamente la obra para todas las tormentas iguales o menores.

- a) **Para obras de conducción**, la tormenta de diseño se selecciona a partir de las curvas IDF del lugar, con el periodo de retorno de diseño y una duración de 1 hora, si el área de la cuenca es menor a 50 hectáreas.

Si tanto el área de la cuenca es mayor a 50 hectáreas o el tiempo de concentración es mayor a 1 hora, se puede usar tormentas de diseño de 24 horas de duración.

- b) **Para obras de almacenamiento**, o cuando no se tiene certeza sobre la estimación del tiempo de concentración, es conveniente seleccionar como tormenta de diseño, una de 24 horas de duración con intensidades obtenidas de la curva IDF para el periodo de retorno de diseño.

### **Coefficientes de escorrentía**

El coeficiente de escorrentía indica la proporción de la lluvia total que participa directamente en el escurrimiento.

Los coeficientes utilizados son los siguientes:

**Tabla A.4.3.5.** Coeficientes de escorrentía para zonas ya urbanizadas.

| <b>Tipo de Zona</b>        | <b>Coefficiente</b> |              |               |
|----------------------------|---------------------|--------------|---------------|
|                            | <b>Mínimo</b>       | <b>Medio</b> | <b>Máximo</b> |
| <b>Áreas residenciales</b> |                     |              |               |
| Suburbios semiurbanos      | 0.25                | 0.32         | 0.40          |

|                                      |      |      |      |
|--------------------------------------|------|------|------|
| Casas Aisladas                       | 0.30 | 0.40 | 0.50 |
| Condominios Aislados                 | 0.40 | 0.50 | 0.60 |
| Condominios pareados o continuos     | 0.60 | 0.67 | 0.75 |
| Departamentos en edificios aislados  | 0.50 | 0.60 | 0.70 |
| Departamentos en edificios continuos | 0.70 | 0.80 | 0.90 |
| <b>Áreas comerciales</b>             |      |      |      |
| Comercio en alta densidad            | 0.70 | 0.82 | 0.95 |
| Comercio en baja densidad            | 0.50 | 0.60 | 0.70 |
| <b>Áreas industriales</b>            |      |      |      |
| Grandes industrias                   | 0.50 | 0.65 | 0.80 |
| Pequeñas industrias                  | 0.60 | 0.75 | 0.90 |
| Parques, plazas y jardines           | 0.10 | 0.17 | 0.25 |

Para zonas de nuevas urbanizaciones debe estimarse un coeficiente ponderado según las superficies de cada tipo de ocupación del suelo, estimando las áreas de cada una de las superficies de la siguiente tabla:

**Tabla A.4.3.6.** Coeficientes de escorrentía para zonas de nuevas urbanizaciones.

| Tipo de Superficie                | Coeficiente |       |        |
|-----------------------------------|-------------|-------|--------|
|                                   | Mínimo      | Medio | Máximo |
| <b>Calles</b>                     |             |       |        |
| Asfalto no poroso                 | 0.70        | 0.82  | 0.95   |
| Hormigón                          | 0.80        | 0.87  | 0.95   |
| Adoquín de cemento sobre arena    | 0.50        | 0.60  | 0.70   |
| Maicillo, ladrillo                | 0.30        | 0.40  | 0.50   |
| <b>Techos</b>                     |             |       |        |
| Zinc, latón, metálicos en general | 0.85        | 0.90  | 0.95   |
| Tejas, pizarras, cemento asbesto  | 0.70        | 0.80  | 0.90   |
| <b>Patios</b>                     |             |       |        |
| Baldosas, Hormigón                | 0.80        | 0.87  | 0.95   |
| Tierra, sin cobertura             | 0.50        | 0.60  | 0.70   |
| <b>Parques, plazas y jardines</b> |             |       |        |
| Prados, suelo arenoso             | 0.05        | 0.12  | 0.20   |
| Prados, suelo arcilloso           | 0.15        | 0.25  | 0.35   |

En general se recomienda utilizar los valores medios de cada categoría, a menos que se justifique el empleo de los valores mínimos. Si se desea considerar condiciones de seguridad se pueden emplear los valores máximos.

El rango de valores indicados es para periodo de retorno de 2 a 10 años. Para tormentas mayores, se recomienda usar el valor más alto dentro de cada rango, o incluso mayores si se estima conveniente.

## Estimación de caudales

Pueden utilizarse los siguientes métodos de estimación de caudales:

### Método racional

- Valido para cuenca menores a 25 km<sup>2</sup>.
- Características homogéneas, superficie mayoritariamente impermeable sin obras de almacenamiento.
- Tiempo de concentración menor a 1 hora.

$$Q = \frac{C * i * A}{3600} \quad (A.4.3.1.5)$$

Donde,

Q = Caudal de salida de la cuenca, en litros por segundo

i = Intensidad de la lluvia, en mm/hora

A = Área de la cuenca, en metros cuadrados

C = Coeficiente de escurrimiento de la superficie

### Método racional modificado

- Valido para mismas condiciones del método racional.
- Aplicable a cuencas que poseen elementos de regulación, como estanques o lagunas
- Permite obtener el hidrograma de la crecida.
- Puede ser usado para el dimensionamiento de obras de regulación y conducción.

$$Q_{\max} = \frac{CA}{3600} * \left[ \frac{P_{T_c}^T}{T_c} \right] \quad (A.4.3.1.6)$$

Donde,

Q<sub>max</sub> = Caudal máximo en una tubería, en l/s.

C = Coeficiente de escorrentía representativo del área aportante.

$A$  = Área aportante, en metros cuadrados.

$I$  = Intensidad media de la precipitación, en mm/hora.

$P_{T_c}^T$  = Precipitación de diseño de periodo de retorno  $T$  y duración  $T_c$ .

$T_c$  = Tiempo de concentración del área aportante de la tubería, en horas.

### 4.3.2 Transporte en Calles y Sumideros

#### Escurrimiento en vías públicas

Debe ser verificado que las calles conduzcan cantidades importantes de aguas lluvias, de manera que las áreas y profundidades de inundación de las calles en condiciones de tormentas menores, de periodos de retorno de 2 años, no sobrepasen ninguna de las condiciones indicadas en la siguiente tabla:

**Tabla A.4.3.7.** Condiciones máximas de inundación para tormenta de diseño.

| Tipo de vía vehicular | Condiciones máximas de inundación permitida para tormentas menores (T=2 años)                                |
|-----------------------|--|
| Todos los tipos       | - No sobrepasar el nivel de la solera.<br>- El ancho de la cuneta inundada no debe sobrepasar de 1,0 metros. |

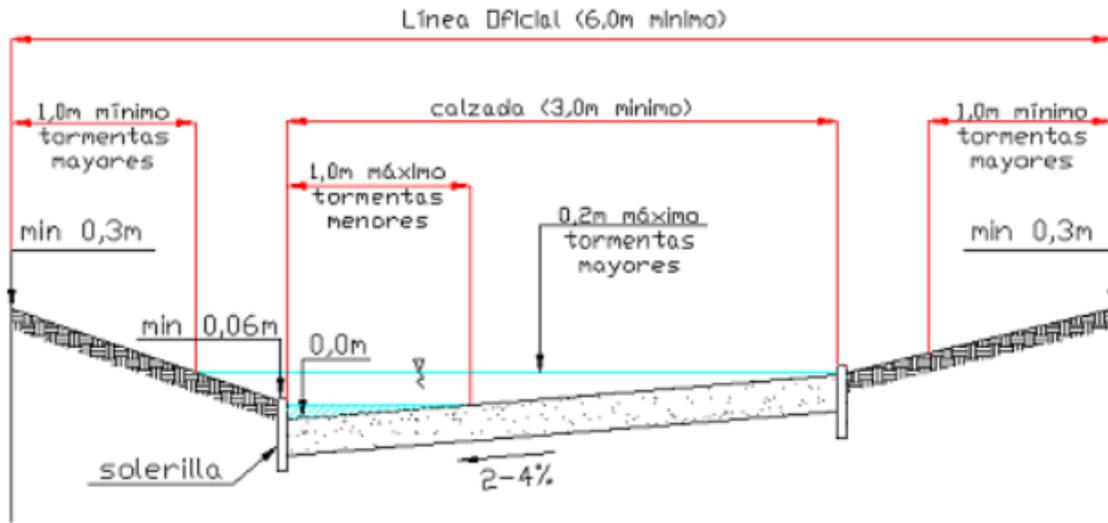
Además, se debe verificar para tormentas mayores, con periodo de retorno de 100 años, se cumplan las siguientes condiciones:

**Tabla A.4.3.8.** Condiciones máximas de inundación para tormentas de verificación.

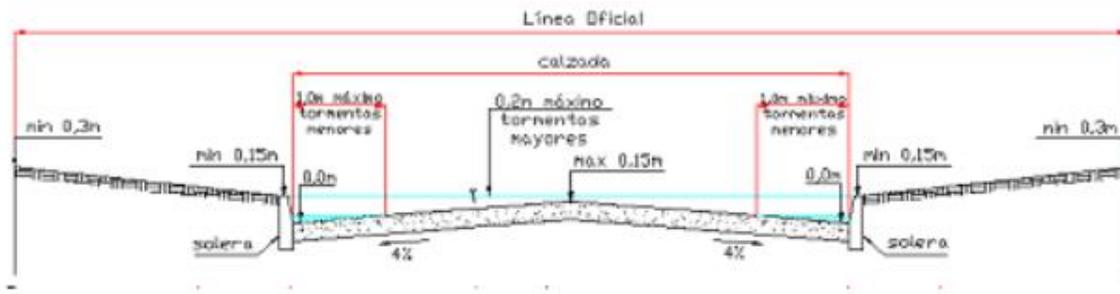
| Tipo de vía vehicular  | Condiciones máximas de inundación permitida para tormentas mayores (T=100 años)   |
|------------------------|---|
| Todos los tipos        | -La inundación no debe alcanzar la línea de edificación ni en el nivel ni en la extensión.<br>-La velocidad media del flujo no debe sobrepasar los 2 [m/s].<br>-La profundidad del agua en cualquier punto de la sección transversal de la calle no debe exceder de 0,3 m si la velocidad media es inferior a 1 [m/s], ni de 0,2 m si es mayor a 1,0 [m/s]. |
| Pasajes                | La profundidad máxima no debe exceder de 0,2 [m] y la velocidad media debe ser inferior a 1,0 [m/s]   |
| Locales y de Servicio  | El nivel del agua no debe sobrepasar la solera.   |
| Colectoras y Troncales | Debe quedar una pista libre de agua.  |

#### Perfiles transversales de calles y cunetas

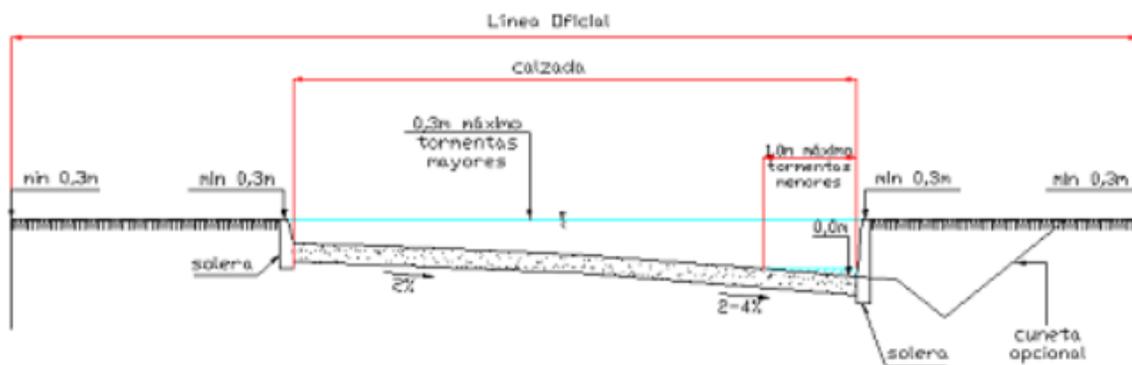
Con el objetivo de mejorar la capacidad de conducción en las calles, se tienen las siguientes sugerencias de perfiles transversales tipo:



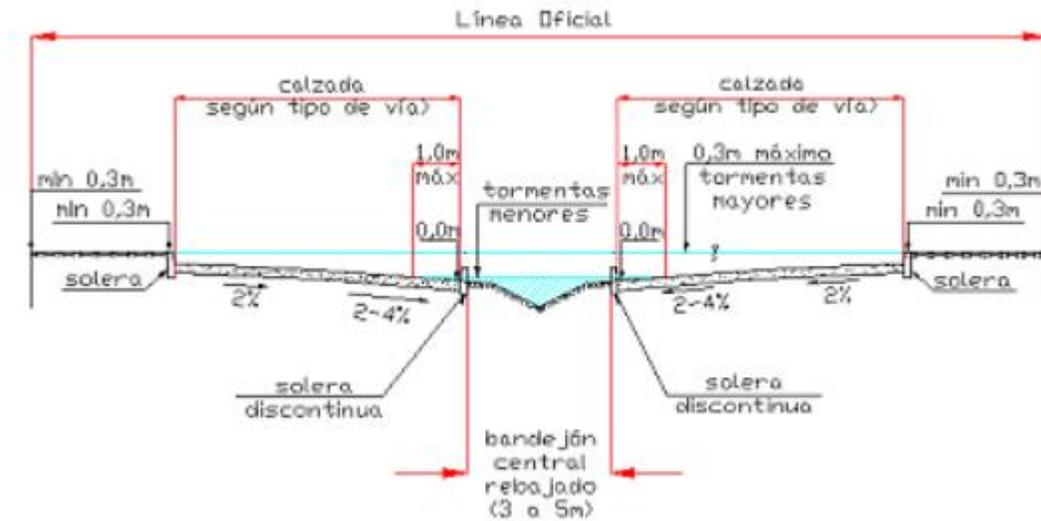
**Figura A.4.3.2.1.** Alternativa de Sección Transversal en Pasajes.



**Figura A.4.3.2.2.** Alternativa de sección transversal en vías locales y de servicio con coronamiento en el centro y cuneta a ambos lados de la calzada.



**Figura A.4.3.2.3.** Alternativa de sección transversal en vías locales y de servicio con cuneta a un solo lado de la calzada, opcionalmente la cuneta puede ser diseñada fuera de la calzada.



**Figura A.4.3.2.4.** Alternativa de sección transversal en vías colectoras y troncales con cuneta al centro de la calzada y un bandejoón central para conducir las aguas lluvias en zanja abierta.

### Capacidad hidráulica de las calles

Teniendo en cuenta las características geométricas de la calle se puede estimar de la siguiente manera:

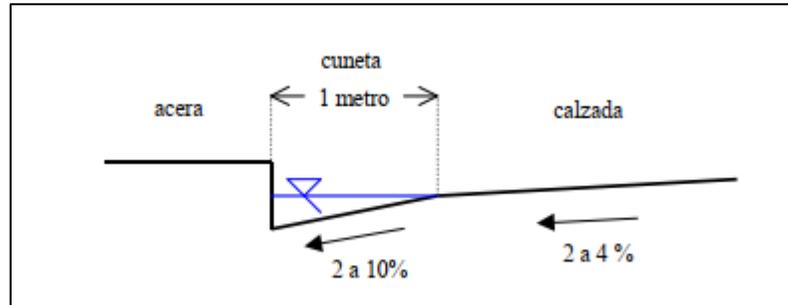
$$V = \left( \frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} * \frac{I^{0.5}}{n} \quad (A.4.3.2.1)$$

Donde:

- V = Velocidad media del flujo, en [m/s]
- A = Área de la sección del flujo, en [m<sup>2</sup>]
- P = Perímetro mojado, en [m]
- I = Pendiente longitudinal de la calle, en [m/m]
- n = Coeficiente de rugosidad de la superficie, para pavimentos de Hormigón y Asfalto, n=0,015

### Capacidad de diseño para tormentas menores

La forma típica de las cunetas usadas por el SERVIU, corresponde a la presentada en la siguiente imagen:



**Figura A.4.3.2.5.** Geometría transversal de la cuneta simple.

Se consideran las siguientes características geométricas:

- Ancho inundable máximo permitido 1 [m]
- Pendiente transversal habitual 2% - 4%

La pendiente transversal se puede aumentar en la zona de la cuneta hasta 10% con la finalidad de aumentar su capacidad.

A continuación, se presentan las capacidades de conducción para distintas pendientes longitudinales y los distintos tipos de cuneta:

**Tabla A.4.3.9.** Capacidades de conducción para cunetas (1).

| Pendiente longitudinal de la calle (1) | Cuneta simple 2% |             | Cuneta simple 3% |             | Cuneta simple 4% |             |
|--|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
|  | Velocidad (m/s)  | Gasto (l/s) | Velocidad (m/s)  | Gasto (l/s) | Velocidad (m/s)  | Gasto (l/s) |
| 0,003                                  | 0,17             | 1,7         | 0,22             | 3,3         | 0,26             | 5,2         |
| 0,004                                  | 0,19             | 1,9         | 0,25             | 3,8         | 0,30             | 6,1         |
| 0,005                                  | 0,22             | 2,2         | 0,28             | 4,2         | 0,34             | 6,8         |
| 0,006                                  | 0,24             | 2,4         | 0,31             | 4,6         | 0,37             | 7,4         |
| 0,007                                  | 0,26             | 2,6         | 0,33             | 5,0         | 0,40             | 8,0         |
| 0,008                                  | 0,27             | 2,7         | 0,36             | 5,3         | 0,43             | 8,6         |
| 0,009                                  | 0,29             | 2,9         | 0,38             | 5,7         | 0,45             | 9,1         |
| 0,010                                  | 0,31             | 3,1         | 0,40             | 6,0         | 0,48             | 9,6         |
| 0,020                                  | 0,43             | 4,3         | 0,56             | 8,4         | 0,68             | 13,5        |
| 0,030                                  | 0,53             | 5,3         | 0,69             | 10,3        | 0,83             | 16,6        |
| 0,040                                  | 0,61             | 6,1         | 0,80             | 11,9        | 0,96             | 19,1        |
| 0,050                                  | 0,68             | 6,8         | 0,89             | 13,3        | 1,07             | 21,4        |
| 0,060                                  | 0,75             | 7,5         | 0,97             | 14,6        | 1,17             | 23,4        |
| 0,070                                  | 0,81             | 8,1         | 1,05             | 15,8        | 1,27             | 25,3        |
| 0,080                                  | 0,86             | 8,6         | 1,12             | 16,9        | 1,35             | 27,1        |
| 0,090                                  | 0,92             | 9,2         | 1,19             | 17,9        | 1,44             | 28,7        |
| 0,100                                  | 0,97             | 9,7         | 1,26             | 18,9        | 1,51             | 30,2        |

(1) Se recomiendan pendientes iguales o mayores que el 0,5% (0,005)

Asimismo, se tienen datos para pendientes de sección transversal de la cuneta mayores al 4%, dada la reducida capacidad que se tiene con esta pendiente. Estos datos también son obtenidos considerando el ancho inundable de 1 [m].

**Tabla A.4.3.10.** Capacidades de conducción para cunetas (2).

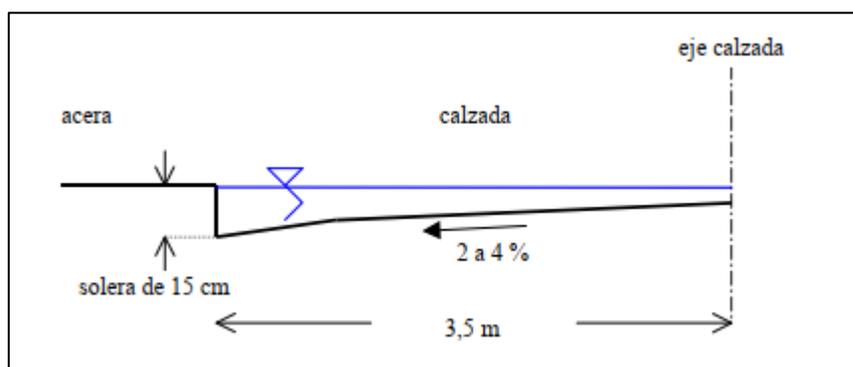
| Pendiente longitudinal de la calle (1) | Cuneta simple 5% |             | Cuneta simple 6% |             | Cuneta simple 7% |             | Cuneta simple 10% |             |
|--|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|-------------------|-------------|
|  | Velocidad (m/s)  | Gasto (l/s) | Velocidad (m/s)  | Gasto (l/s) | Velocidad (m/s)  | Gasto (l/s) | Velocidad (m/s)   | Gasto (l/s) |
| 0,003                                  | 0,30             | 7,5         | 0,34             | 10,2        | 0,37             | 13,1        | 0,46              | 23,2        |
| 0,004                                  | 0,35             | 8,7         | 0,39             | 11,7        | 0,43             | 15,1        | 0,54              | 26,8        |
| 0,005                                  | 0,39             | 9,7         | 0,44             | 13,1        | 0,48             | 16,8        | 0,60              | 29,9        |
| 0,006                                  | 0,43             | 10,7        | 0,48             | 14,4        | 0,53             | 18,5        | 0,66              | 32,8        |
| 0,007                                  | 0,46             | 11,5        | 0,52             | 15,5        | 0,57             | 19,9        | 0,71              | 35,4        |
| 0,008                                  | 0,49             | 12,3        | 0,55             | 16,6        | 0,61             | 21,3        | 0,76              | 37,9        |
| 0,009                                  | 0,52             | 13,1        | 0,59             | 17,6        | 0,65             | 22,6        | 0,80              | 40,2        |
| 0,010                                  | 0,55             | 13,8        | 0,62             | 18,6        | 0,68             | 23,8        | 0,85              | 42,3        |
| 0,020                                  | 0,78             | 19,5        | 0,87             | 26,2        | 0,96             | 33,7        | 1,20              | 59,9        |
| 0,030                                  | 0,95             | 23,9        | 1,07             | 32,1        | 1,18             | 41,3        | 1,47              | 73,3        |
| 0,040                                  | 1,10             | 27,6        | 1,24             | 37,1        | 1,36             | 47,7        | 1,69              | 84,7        |
| 0,050                                  | 1,23             | 30,8        | 1,38             | 41,5        | 1,52             | 53,3        | 1,89              | 94,6        |
| 0,060                                  | 1,35             | 33,8        | 1,51             | 45,4        | 1,67             | 58,4        | 2,07              | 103,7       |
| 0,070                                  | 1,46             | 36,5        | 1,64             | 49,1        | 1,80             | 63,0        | 2,24              | 112,0       |
| 0,080                                  | 1,56             | 39,0        | 1,75             | 52,5        | 1,93             | 67,4        | 2,39              | 119,7       |
| 0,090                                  | 1,65             | 41,3        | 1,86             | 55,7        | 2,04             | 71,5        | 2,54              | 127,0       |
| 0,100                                  | 1,74             | 43,6        | 1,96             | 58,7        | 2,15             | 75,4        | 2,68              | 133,9       |

(1) Se recomiendan pendientes iguales o mayores que el 0,5% (0,005)

### Capacidad máxima

La capacidad máxima de las calles se establece para la verificación de tormentas mayores, con periodos de retorno de 100 años, en la cual la finalidad es asegurar que el nivel de agua no desborde la calle e inunde las propiedades vecinas.

A continuación, se presenta el perfil transversal para la condición de verificación:

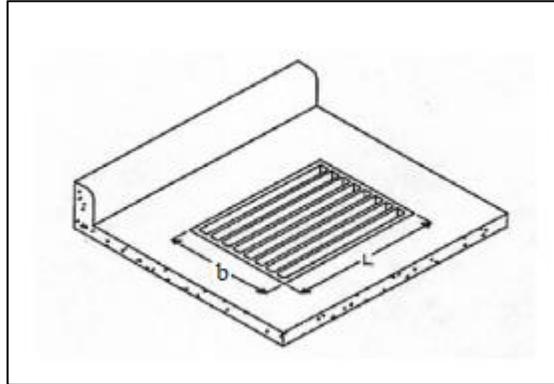


**Figura A.4.3.2.6.** Esquema del escurrimiento a cuneta llena.

## Sumideros

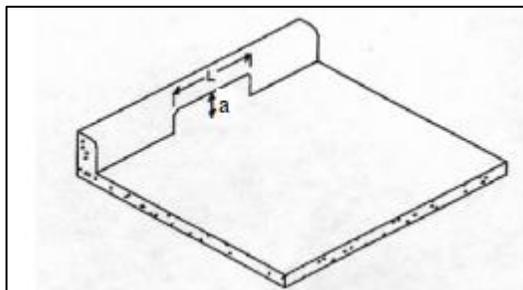
Existen tres tipos de sumideros aprobados por SERVIU, los cuales son:

- a) **Sumidero horizontal**, con rejilla, ubicados en la cuneta. Tipos S3 y S4 del SERVIU



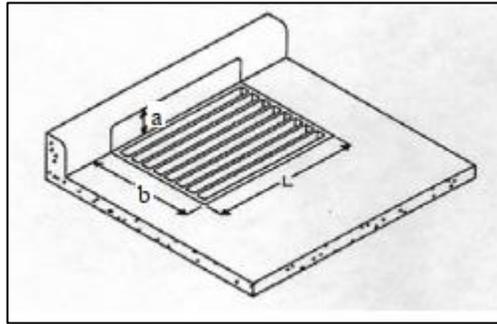
**Figura A.4.3.2.7.** Sumidero Horizontal.

- b) **Sumideros laterales de abertura**, ubicados en la solera, Tipo S2 del SERVIU



**Figura A.4.3.2.8.** Sumidero Lateral.

- c) **Sumideros mixtos**, combinan aberturas laterales y rejilla ubicada en la cuneta, Tipos S1 y S2 del SERVIU.



**Figura A.4.3.2.9.** Sumidero Mixto.

### Capacidad máxima de sumideros

La capacidad de los sumideros se puede estimar, suponiendo que funcionan hidráulicamente como vertederos para pequeñas alturas de aguas y como orificios para alturas de aguas mayores. La capacidad hidráulica es estimada de las siguientes maneras:

#### a) Sumidero Horizontal

$$Q_m = 1,66(L+2b)h^{1,5} \quad \text{Si funciona como vertedero: } h < 1,6 \frac{A}{L+2b}$$

$$Q_m = 2,66Ah^{0,5} \quad \text{Si funciona como orificio: } h \geq 1,6 \frac{A}{L+2b}$$

#### b) Sumidero Lateral

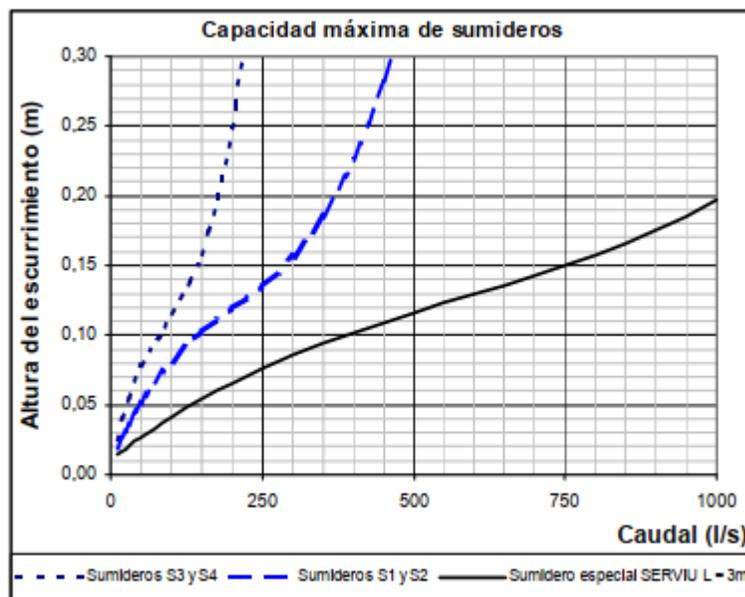
$$Q_m = 1,27Lh^{1,5} \quad \text{Si funciona como vertedero: } h < a$$

$$Q_m = 2,66Lah^{0,5} \quad \text{Si funciona como orificio: } h \geq a$$

Donde:

- L : Largo de la cuneta en metros.
- B : Ancho transversal de la calle, en metros.
- A : Área de abertura de aberturas de rejillas, en metros cuadrados.
- a : Altura de abertura vertical, en metros
- h : Altura de agua del escurrimiento.

De manera resumida para los sumideros tipo S1, S2, S3, S4, así como también sumideros especiales del SERVIU, se muestran las capacidades máximas en el siguiente gráfico:



**Figura A.4.3.2.10.** Capacidad Máxima de sumideros según altura de escurrimiento.

### Capacidad de diseño de sumideros

Debe considerarse que los sumideros no captan realmente el caudal correspondiente a su capacidad máxima, solo captan parte del escurrimiento que escurre por la cuneta, dejando la otra parte como caudal aportante a la calle y es recibido por otro sumidero aguas abajo.

La capacidad de diseño del sumidero debe considerarse como el valor mínimo entre las dos opciones siguientes:

$$1) \quad Q_s = E \cdot Q = (E_H + E_L)Q \quad \text{Si } (E_H + E_L)Q \leq Q_m \quad (\text{A.4.3.2.2})$$

$$2) \quad Q_s = Q_m \quad \text{Si } (E_H + E_L)Q > Q_m \quad (\text{A.4.3.2.3})$$

Donde,

- $Q_s$  : Caudal captado por el sumidero.
- $Q_m$  : Capacidad máxima de captación del sumidero.
- $E$  : Eficiencia global del sumidero. ( $E \leq 1$ )
- $E_H$  : Eficiencia del sumidero horizontal.
- $E_L$  : Eficiencia del sumidero lateral.

Para los sumideros tipo S1, S2, S3, S4 y especiales del SERVIU las características y eficiencias de captación son las siguientes:

**Tabla A.4.3.11.** Características y eficiencias de captación sumideros.

| Características   | Sumidero S1 ó S2 | Sumidero S3 ó S4 | Sumidero especial SERVIU |
|---|------------------|------------------|--------------------------|
| Sumidero Horizontal   |                  |                  |                          |
| Largo L (m)   | 0.98             | 0.66             | 3.00                     |
| Ancho b (m)   | 0.41             | 0.41             | 0.70                     |
| Área libre, rejilla Fe laminado, (m <sup>2</sup> )                          | 0.22             | 0.15             | 0.93                     |
| Sumidero Lateral  |                  |                  |                          |
| Largo L (m)   | 0.98             | ---              | 3.00                     |
| Altura a (m)  | 0.10             | ---              | 0.10                     |
| Eficiencia de Sumideros   |                  |                  |                          |
| Condición de diseño (1m en la cuneta) para cualquier pendiente longitudinal | 0.90             | 0.80             | 1.00                     |
| Flujo a cuneta llena  |                  |                  |                          |
| Pendiente longitudinal de la calzada < 0.01                                 | 0.45             | 0.40             | 0.75                     |
| 0.01 ≤ Pendiente longitudinal de la calzada ≤ 0.05                          | 0.25             | 0.20             | 0.75                     |
| Pendiente longitudinal de la calzada > 0.05                                 | 0.10             | 0.05             | 0.50                     |

### Ubicación de los sumideros

Los sumideros se ubicarán ya sea solos o formando baterías de sumideros en serie, preferentemente en la cuneta de las calles, en los lugares que resulten más efectivos, como en los mencionados en las siguientes situaciones:

- Aguas arriba de los cruces de peatones, con la finalidad de evitar que el flujo cruce las calles en las intersecciones.
- En partes bajas de las intersecciones de calles, formadas por las cunetas que llegan desde aguas arriba.
- Inmediatamente aguas debajo de secciones en las que se espera recibir una cantidad importante de aguas lluvias, como salidas de estacionamientos, descargas de techos, conexiones de pasajes.
- Siempre que la cantidad acumulada de agua en la cuneta sobrepase la cantidad máxima permitida para condiciones de diseño.
- Preferentemente conectar los sumideros a la red mediante una conexión previa a las cámaras, siendo estas el primer destino de las aguas y posteriormente el colector.

- f) En caso de ser necesario conectar el sumidero directamente al colector, esta conexión debe hacerse por la parte superior de este último, con un tuve recto, sin cambios de diámetro, pendiente, ni orientación.
- g) Los sumideros también pueden ser conectados directamente a otros elementos de la red secundaria como pozos, zanjas, estanques o lagunas.
- h) Es prohibida la colocación de sumideros atravesados transversalmente en las calzadas.

### **Intersecciones de calles**

Se deben cumplir los siguientes criterios para el diseño de intersecciones de calles:

- a) En intersecciones debe evitarse que el flujo de cualquiera de otras cunetas cruce transversalmente la otra calle.
- b) En ningún caso el flujo de la calle de menor importancia debe cruzar la calle principal.
- c) Si es necesario que el flujo a la calle principal cruce la calle secundaria debe proveerse de un badén.
- d) Evitar que se formen zonas bajas, facilitando drenaje aguas abajo.

### **4.3.3 Colectores**

Elementos de conducción de la red secundaria, los cuales pueden ser superficiales o subterráneos.

#### **Colectores subterráneos**

Para los colectores subterráneos, se considera que el diámetro de los tubos se selecciona de manera que, para el caudal máximo de diseño, la altura de agua sea igual o menor a 0,8 veces el diámetro. Si se cumple la condición mencionada anteriormente, la velocidad media del flujo,  $V$ , y el gasto  $Q$ , están relacionados con el diámetro del tubo, la pendiente longitudinal, y el coeficiente de rugosidad del material mediante las siguientes relaciones, basadas en la ecuación de Manning para flujo uniforme:

$$V = 0,45 * \frac{D^{2/3} I^{1/2}}{n} \quad (\text{A.4.3.3.1})$$

$$Q = 0,30 * \frac{D^{8/3} I^{1/2}}{n} \quad (\text{A.4.3.3.2})$$

Donde:

- V : Velocidad media del flujo, en metros por segundo.
- Q : Gasto, en metros cúbicos por segundo.
- i : Pendiente de fondo del tubo, en metro por metro
- D : Diámetro interior del tubo, en metros.
- N : Coeficiente de rugosidad de Manning.

**Tabla A.4.3.12.** Coeficiente n de Manning para Colectores.

| <b>Tipo de superficie</b>   | <b>Coeficiente n</b> |
|-----------------------------|----------------------|
| Tubos de plástico           | 0,011                |
| Tubos de fibrocemento       | 0,012                |
| Tubos de mortero comprimido | 0,013                |

Deben cumplirse las siguientes condiciones para tubos de colectores de la red secundaria:

- a) El diámetro mínimo de los colectores debe ser de 400 mm, para colectores de cemento comprimido (CCC) y de 375 mm para colectores de HDPE.
- b) La velocidad de escurrimiento debe ser mayor a 0,9 m/s para las condiciones de diseño.
- c) La velocidad de escurrimiento no puede ser mayor a 3 m/s.
- d) Se podrán diseñar obras especiales y tramos en presión, como sifones invertidos, si el proyecto requiere.

### **Cámaras**

Las cámaras de inspección son indispensables para la correcta operación y mantenimiento de los colectores subterráneos.

Debe considerarse al menos una cámara en las siguientes situaciones:

- a) Inicio de la red.

- b) Cuando corresponda cambio de diámetro en el colector.
- c) Cuando corresponda un cambio de pendiente en el colector.
- d) Cuando se requiera un cambio de orientación o dirección en el colector.
- e) Cuando corresponda un cambio de material del tubo.
- f) Cuando se necesite intercalar una caída o cambio de nivel brusco del tubo.
- g) Cuando confluyan dos o más colectores.
- h) En tramos rectos cada 100 metros como máximo para CCC, y de 120 metros para HDPE.

Cabe mencionar que una misma cámara podrá utilizarse para resolver una o más de las situaciones mencionadas anteriormente.

## **4.4 Estructuras Menores**

Este tópico de estructuras menores, hace referencia a muros de contención y estructuras enterradas tipo cajón, las cuales son las más recurrentes dentro de los estudios viales urbanos.

### **4.4.1 Muros de contención**

En la norma AASHTO son entregadas las disposiciones y criterios de diseño para los muros de contención. Estas disposiciones deberán ser respetadas en su totalidad en los diseños desarrollados en Chile, considerando las modificaciones o complementos que serán presentados a continuación extraídos del manual de carreteras.

La elección del muro depende de diferentes factores como lo son:

- Magnitud de las cargas.
- Dirección de las cargas.
- Profundidad de los suelos de fundación.
- Capacidad resistente para las cargas sísmicas.
- Presencia de factores ambientales nocivos.
- Proximidad de restricciones físicas.
- Tolerancia asentamientos diferenciales.
- Apariencia superficial de los muros.
- Facilidades y costos de construcción.

Se presentará información pertinente a muros de contención gravitacionales y tipo cantiléver, debido a la frecuencia con la que son usados y a su buen comportamiento frente a el comportamiento sísmico del país.

### **Sugerencias de Revisión**

Dentro de la revisión de los muros de contención, ya sea de muros tipo cantiléver o gravitacionales, es necesario verificar la estabilidad del muro y del suelo soportante, y la resistencia estructural que este debe tener frente a las solicitaciones generadas por las cargas estáticas y dinámicas presentes.

Para verificar las posibles fallas del muro de contención, se tiene:

### Factor de Seguridad al Volcamiento

Se obtiene estableciendo la relación entre el momento resistente y el máximo valor del momento volcante, el cual puede obtenerse de dos maneras, considerando solamente la acción de cargas estáticas, y considerando la acción sísmica, y se expresa de las siguientes maneras:

#### Considerando carga estática

$$F.S. = \frac{W * x}{E_h * \frac{H}{3} - E_v * B} \quad (A.4.4.1.1)$$

#### Considerando acción sísmica

$$F.S. = \frac{W * x - \alpha * W * y}{E_h * \frac{H}{3} - E_v * B} \quad (A.4.4.1.2)$$

Donde,

W : Peso del muro más peso del suelo que descansa sobre la zapata de fundación, por metro lineal.

$E_v$  y  $E_h$  : Componentes vertical y horizontal del empuje, por metro lineal.

H : Altura total del muro.

B : Ancho de la zapata.

x : Brazo de palanca de W respecto de la arista exterior de la zapata.

$\alpha$  : Coeficiente sísmico.

y : Brazo de palanca de la fuerza sísmica en sentido vertical con respecto al mismo punto de la zapata.

Los valores del factor de seguridad mínimos permitidos son los siguientes:

**Tabla A.4.4.1.** Factores de Seguridad al Volcamiento.

| F.S. volcamiento | Estático | Sísmico |
|------------------|----------|---------|
|                  | 2.0      | 1.3     |

### Factor de Seguridad al Deslizamiento

El factor de seguridad al deslizamiento es obtenido considerando la relación entre la fuerza de adherencia y deslizamiento, al igual que el volcamiento son considerados dos casos, los cuales son:

#### Considerando carga estática

$$F.S. = \frac{W \cdot \tan \mu + c \cdot B \cdot L}{E_h - E_v \cdot \tan \mu} \quad (A.4.4.1.3)$$

#### Considerando acción sísmica

$$F.S. = \frac{W \cdot \tan \mu + c \cdot B \cdot L - \alpha \cdot W}{E_h - E_v \cdot \tan \mu} \quad (A.4.4.1.4)$$

Donde,

$\mu$  : Ángulo de fricción entre el muro y el relleno, se puede considerar  $\mu = \frac{2}{3} \phi$ .

C : Cohesión.

Los demás símbolos tienen el mismo significado que el caso del volcamiento.

Los valores del factor de seguridad mínimos permitidos son los siguientes:

**Tabla A.4.4.2.** Factores de Seguridad al Deslizamiento.

| F.S. deslizamiento | Estático | Sísmico |
|--------------------|----------|---------|
|                    | 2.0      | 1.3     |

### Verificación estructural

En caso el caso de los muros de tipo cantiléver, cada uno de los tres elementos: pantalla, zapata exterior y zapata interior, deben ser calculados estructuralmente como vigas cantiléver con empotramiento en un extremo.

El cálculo estructural de cada elemento se realiza de acuerdo con las cargas estáticas, las fuerzas y momentos actuantes en cada sección de la estructura y eventuales sobrecargas. Mediante esos valores de entrada se procede al dimensionamiento de dichas secciones en hormigón armado, se calcula el espesor del muro y las armaduras de tracción y compresión, para cada uno de los elementos estructurales mencionados de manera que puedan cumplir con las solicitaciones definidas en el cálculo estructural.

En el Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018) , se recomienda que:

- Las armaduras horizontales sean continuas, de modo que, en las juntas, las dos partes adyacentes constituyan estructuralmente una sola unidad.
- La sección de acero de dicha armadura sea en promedio igual a 0,2% de la sección transversal de la pantalla, calculada por metro lineal.
- En la zapata también se disponga una armadura de repartición y que la sección de acero sea como mínimo de 0,1% a 0,2% de la sección transversal de la zapata, por metro lineal.

Además, en el Manual de Carreteras; Volumen N°4 (Dirección de Vialidad - Ministerio de Obras Públicas, 2018) existen obras tipo de muros de contención, en la cuales su diseño ya está verificado bajo ciertas bases de cálculo, la cuales serán descritas a continuación:

- 1) Tensiones admisibles mínimas del suelo,

$$\sigma_{\text{est}}=2,0 \text{ kg/cm}^2$$

- 2) Diseño apto para suelos granulares, arenas compactas y suelos finos de consistencia media o superior.
- 3) Angulo de fricción interno  $\phi = 37$  (cantiléver)
- 4) Peso específico del relleno estructural  $\gamma = 2,0 \text{ t/m}^3$ .

En caso de cumplirse las bases de cálculo descritas es válida la utilización de los muros de contención cantiléver tipo del Manual de Carreteras; Volumen N°4.

#### **4.4.2 Estructuras Enterradas Tipo Marco o Cajón**

Para el análisis de estructuras enterradas tipo marco o cajón, se establece un modelo cinemático para determinar la componente sísmica del empuje sobre dichas estructuras. El modelo establecido es aplicable al diseño de pasos desnivelados tipo marco o cajón con tablero o losa de techo que actúe como puntal, emplazados bajo la cota de terreno natural o insertos en un relleno compactado como por ejemplo el relleno compactado de un terraplén. También será aplicable a pasos desnivelados estructurados como puentes, en los cuales el tablero actúa como puntal, existiendo continuidad entre la losa del tablero y los muros espaldares de los estribos.

### Sugerencias de Revisión

Para las estructuras enterradas tipo marco o cajón se encuentran las obras tipo presentes en el Manual de Carreteras, Volumen N°4 (Dirección de Vialidad - Ministerio de Obras Públicas, 2018), las cuales son compatibles bajo las siguientes bases de cálculo:

- 1) Carga móvil camión AASHTO tipo HS20 – 40 + 20%
- 2) Diseño de las estructuras tipo cajón considera efecto arco para alturas de terraplén  $h \geq 3$  m excepto cajones de ancho  $B \geq 2,0$  m, donde el efecto arco se considera para  $h > 5$  m y para cajones de ancho  $B \geq 2,5$  m donde el efecto arco es para  $h \geq 6$  m.
- 3) Los diseños propuestos consideran:

$$h \text{ máx} = 15 \text{ m}$$

$$h \text{ mín} = 0,3 \text{ m}$$

De no ser el terreno compatible con las bases de cálculo mencionadas, el procedimiento de cálculo teórico está presente en el Manual de Carreteras; Volumen N°3 (Dirección de Vialidad - Ministerio de Obras Públicas, 2018).

## 5 Gestión

La sección de gestión del presente documento técnico hace referencia al procedimiento a seguir para la derivación de los proyectos de diferentes especialidades que son incluidos en los estudios viales urbanos a la entidad revisora correspondiente para su revisión y posterior aprobación.

En cada uno de estos proyectos que requieren ser derivados para su aprobación se debe entregar el siguiente contenido:

- Copia física de memorias de cálculo asociadas al proyecto en cuestión.
- Planos del proyecto en cuestión.
- Respaldo digital de la totalidad del estudio.

A continuación, son presentados los proyectos que necesitan ser derivados:

### 5.1 Proyecto de Desvíos de Tránsito

Las faenas de construcción deberán producir un mínimo de obstrucciones al tránsito normal de vehículos. Para ello el Proyectista deberá proponer desvíos que resuelvan el problema de tránsito en la mejor forma posible, cuando éstos sean necesarios.

Los desvíos deberán diseñarse, donde ello sea posible, de acuerdo a los datos obtenidos en los conteos de tráfico, teniendo presente que el objetivo central es minimizar el impacto en el área afectada.

Como parte de este Proyecto el Consultor deberá entregar un estudio en que se indiquen las mejoras que será necesario realizar en la red vial, tanto a nivel físico como operativo, con el fin de implementar el Plan de Desvíos.

El Proyecto de Desvíos de Tránsito debe contener:

- Definición de las Etapas Constructivas en las que se dividirá el proyecto.
- Bosquejo de vista en planta de las etapas asociadas.
- Indicación de la señalización necesaria para mantener un tránsito expedito y minimizar los impactos a los usuarios.

Previo a su entrega este debe contener:

- Copia física del Proyecto de Desvíos de Tránsito y antecedentes pertinentes.
- Planos respectivos.

- Copia Digital de la Totalidad del proyecto.

**Este proyecto deberá contar con el Visto Bueno de la SEREMI de Transporte y Telecomunicaciones, como así mismo de la Dirección del Tránsito de la Municipalidad correspondiente.**

## **5.2 Proyecto de Semaforización, Sincronismo y Comunicaciones**

El proyecto de semaforización debe tener contemplada la elaboración de proyectos de semaforización de las intersecciones dentro del Área de Estudio, considerando los siguientes alcances:

- 1) Intersecciones semaforizadas en Norma UOCT, operando en red de sincronismo definida actualmente.
- 2) Intersecciones semaforizadas en Norma UOCT, operando eventualmente en forma aislada.
- 3) Intersecciones semaforizadas, cuyas instalaciones se encuentran fuera de norma y, por lo tanto, deberán ser normalizadas para integrarlas a los respectivos sistemas de control de tránsito.
- 4) Intersecciones de prioridad, en las que se justifica la instalación de un semáforo, de acuerdo con los criterios de justificación de semáforo provenientes de la etapa de Prefactibilidad.

**El Proyecto de Semaforización, Sincronismo y Comunicaciones debe ser aprobado por la Unidad Operativa de Control de Tránsito de la IX Región.**

## **5.3 Proyecto de Señalización y Demarcación**

Deben estar proyectadas todas las obras necesarias para garantizar el máximo de seguridad y legibilidad de los dispositivos viales involucrados. Tomando en cuenta todas las medidas de gestión de tránsito y Seguridad Peatonal. A continuación, se hace referencia a los distintos aspectos que cubre esta gestión:

- a) Señalización Vertical
- b) Señalización Horizontal

Estos aspectos deben cumplir con las normas del Manual de Señalización de Tránsito del Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones.

Previo a su entrega este debe contener:

- Copia física del Proyecto de Señalización y Demarcación, y antecedentes pertinentes.
- Planos respectivos.
- Copia Digital de la Totalidad del proyecto.

**El proyecto de Señalización y Demarcación de calzadas deberá ser derivado para aprobación o en su defecto observaciones a la Dirección de Tránsito de la Municipalidad respectiva.**

#### **5.4 Proyecto de Modificación de Servicios**

Deberá incluirse la solución correspondiente a los servicios, ya sea el agua potable, alcantarillado de aguas servidas o de cualquier otra naturaleza que represente interferencias con los servicios correspondientes, como producto de la obra a ejecutarse.

**Deberá ser generado el proyecto de Agua Potable y Aguas Servidas, el cual deberá ser aprobado por la empresa prestadora de Servicios.**

**Respecto a las empresas de gas, telefonía, telecomunicaciones y de televisión por cable, el proyectista debe presentar un presupuesto estimativo de las modificaciones a realizar.**

#### **5.5 Proyecto de Iluminación**

El proyecto de iluminación debe tener considerada la reposición total del sistema de alumbrado existente como de las redes nuevas a ejecutar.

Previo a su entrega este debe contener:

- Copia física del Proyecto de Iluminación, y antecedentes pertinentes.
- Planos respectivos.
- Copia Digital de la Totalidad del proyecto.

**El Proyecto de Iluminación debe ser aprobado por la Municipalidad correspondiente.**

### 5.6 Proyecto de Arquitectura y Paisajismo

El proyecto de paisajismo, debe tener contemplada la incorporación de especies vegetales y mobiliario urbano acorde a los lineamientos básicos del Municipio que corresponda, a fin que sea consistente con las condiciones ambientales, urbanísticas y con el diseño geométrico de tal forma que se consoliden espacios públicos tales como nudos, rotondas, desniveles, medianas, bandejones, aceras, placas y veredas.

El proyecto de paisajismo debe contener previo a su entrega:

**Tabla A.5.6.1.** Contenido Proyecto de Paisajismo.

|   |  |
|---|--|
| <b>Memoria de intervención</b>                  | Plano paisajismo   |
| <b>Especificaciones técnicas</b>                | Se debe indicar técnicamente las partidas del proyecto.                          |
| <b>Cubicación y presupuesto</b>                 | Itemizado de cubicación y presupuesto incluyendo las partidas del proyecto       |
| <b>Plan de manejo integrado de áreas verdes</b> | Memoria de mantención<br>Matriz de selección vegetal<br>Calendario de mantención |
| <b>Catastro de especies existentes</b>          | Plano catastro   |

Los planos de paisajismo y catastros deben ser presentados en escala 1:100.

El proyecto de Arquitectura y Paisajismo deberá considerar lo indicado en D.S. 50 con respecto a criterios de diseño considerando accesibilidad universal.

**El Proyecto de Arquitectura y Paisajismo deberá ser aprobado por la oficina de Proyectos Urbanos del SERVIU Región de la Araucanía y la Municipalidad correspondiente.**

### **5.7 Proyecto de Riego**

El proyecto de riego debe tener contemplado el total dimensionamiento de los componentes necesarios para proveer de riego tecnificado a las áreas verdes contempladas en el proyecto de paisajismo.

Debe tener especificadas las fuentes de abastecimiento de agua y equipos de bombeo tal que se entregue la solución más adecuada desde el punto de vista técnico-económico en la operación del sistema de riego.

Previo a su entrega este debe contener:

- Copia física del Proyecto de Riego, y antecedentes pertinentes.
- Planos respectivos.
- Copia Digital de la Totalidad del proyecto.

**El Proyecto de Riego deberá ser aprobado por la Municipalidad correspondiente.**

### **5.8 Proyecto de Expropiaciones**

Debe estar realizado el catastro de expropiaciones, el cual tiene como objetivo la realización del acto expropiatorio correspondiente, cada lote que se enfrente en el proyecto deberá ser estudiado con la finalidad de definir claramente los deslindes legales indicados en cada escritura.

Previo a su entrega este debe contener:

- Copia física del Proyecto de Expropiaciones, y antecedentes pertinentes.
- Planos respectivos.
- Copia Digital de la Totalidad del proyecto.

**El proyecto de expropiaciones solo debe hacerse llegar al Departamento Jurídico de SERVIU Región de la Araucanía, no requiere aprobación por parte de este.**

### **5.9 Proyecto de Puentes**

Toda la documentación y diseños de puentes y estructuras a fines, incluidos los estudios hidrológicos, hidráulicos y de socavaciones del puente, y los proyectos de obras fluviales que resulten necesarios.

**Ingeniería básica e ingeniería de detalle, serán revisados y aprobados por la Dirección de Vialidad, donde la coordinación local será realizada por medio del área de puentes de la Dirección de Vialidad de la Región de la Araucanía.**

### **5.10 Estudios Territoriales y Ambientales**

El consultor debe considerar lo señalado en el volumen N°9 del Manual de Carreteras (Dirección de Vialidad - Ministerio de Obras Públicas, 2018), debe ser realizado el pronunciamiento del Servicio de Evaluación Ambiental para realizar los estudios pertinentes, esto contemplará una Declaración de Impacto Ambiental o un Estudio de Impacto Ambiental.

**Estos estudios deben ser aprobados por el Servicio de Evaluación Ambiental del Ministerio del Medio Ambiente.**

### **5.11 Cubicaciones y Presupuestos**

Se debe entregar un análisis de precios unitarios de todas las obras proyectadas con valores de mercado. Estos valores deben ser obtenidos a partir de cotizaciones directas con los proveedores y análisis de obras recientemente ejecutadas en la zona.

Debe ser entregada una cubicación de todos los proyectos involucrados en el estudio en la cual se incluya un ítemizado detallado de todas las partidas y cantidades de obras de cada especialidad y subespecialidad.

**El presupuesto estimativo, obtenido a partir de la cubicación total del proyecto no podrá tener un margen de error superior al 5% del costo total de la obra proyectada.**

**Debe entregarse una Tabla de presupuestos que contenga como mínimo la siguiente información:**

| <b>OBRA:</b> Nombre de Obra         |             |        |          |          |                  |
|-------------------------------------|-------------|--------|----------|----------|------------------|
| <b>TRAMO:</b> Descripción del tramo |             |        |          |          |                  |
| ITEM                                | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR UF | VALOR PESOS (\$) |
| I                                   |             |        |          |          |                  |
| II                                  |             |        |          |          |                  |
| III                                 |             |        |          |          |                  |
| ...                                 |             |        |          |          |                  |

**Figura A.5.1.** Información Mínima de Tabla de Presupuestos.

## 5.12 Intervención de Cauces

En caso de ser necesaria alguna intervención de cauces, entendiéndose como estas al cambio del trazado de los cauces, cambio de forma o dimensiones, alteración o sustitución de cualquiera de sus obras de arte y la construcción de nuevas obras, como abovedamientos, pasos sobre o bajo nivel o cualesquiera otras de sustitución o complemento. Es necesario presentar estos proyectos a la Dirección General de Aguas con la aprobación previa de la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas en caso de que quienes deseen realizar las modificaciones sean personas naturales o jurídicas.

En el artículo N°171 del Código de Aguas se estipula “Quedan exceptuados de los trámites y requisitos establecidos en los incisos precedentes los servicios dependientes del Ministerio de Obras Públicas, así como los proyectos financiados por servicios públicos que cuenten con la aprobación técnica de la Dirección de Obras Hidráulicas. Estos Servicios deberán remitir los proyectos definitivos de las obras a la Dirección General de Aguas para su conocimiento e inclusión en el Catastro Público de Aguas, dentro del plazo de seis meses, contando desde la recepción final de la obra” (Código de Aguas, 1981).

**Los estipulado en el artículo N°171 del Código de Aguas quiere decir que los Estudios Viales Urbanos, al ser el mandante SERVIU, un servicio público, la intervención de cauces dada cualquiera de las obras mencionadas anteriormente, solo requiere aprobación técnica de la Dirección de Obras Hidráulicas.**

## **6 Fichas de verificación**

A continuación, serán presentadas fichas de verificación para cada una de las secciones del documento propuesto con la finalidad de facilitar el proceso de revisión.

## 6.1 Ficha de verificación de antecedentes

### Identificación

Nombre Estudio: \_\_\_\_\_

Fecha Revisión: \_\_\_\_\_

Nombre Revisor: \_\_\_\_\_

| Especialidad          | Contenido  | Existe | Cumple requisitos | Observaciones |
|-----------------------|--|--------|-------------------|---------------|
| Topografía            | - Topografía general.  |        |                   |               |
|                       | - Topografía de sectores especiales.   |        |                   |               |
|                       | - Topografía para drenaje.   |        |                   |               |
|                       | - Topografía para puentes (En caso de ser necesario)                             |        |                   |               |
|                       | - Uso sistema de referencia unico.   |        |                   |               |
| Mecánica de Suelos    | - Listado de pozos indicando emplazamiento, profundidad y nivel de cada muestra. |        |                   |               |
|                       | - Resumen de resultados de los ensayos efectuados.                               |        |                   |               |
|                       | - Memoria de determinación de parámetros de diseño.                              |        |                   |               |
| Estudio de Transporte | - Estudio de demanda.  |        |                   |               |
|                       | - Modelación alternativas de proyecto.   |        |                   |               |
|                       | - Evaluación social de cada una de ellas.  |        |                   |               |
| Monografías           | - Monografía de servicios.   |        |                   |               |
|                       | - Monografía de pavimentos existentes.   |        |                   |               |
|                       | - Monografía de drenajes.  |        |                   |               |
|                       | - Monografía de estructuras existentes.  |        |                   |               |
|                       | - Monografía de semaforos y señalización existentes.                             |        |                   |               |

|                   |  |
|-------------------|--|
| No cumple         | <input type="checkbox"/>                                     |
| Cumple con faltas | <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| Cumple sin faltas | <input checked="" type="checkbox"/>                          |
| No aplica         | -  |

## 6.2 Ficha de Verificación de Revisión

Nombre Estudio: \_\_\_\_\_

Fecha Revisión: \_\_\_\_\_

Nombre Revisor: \_\_\_\_\_

| Proyecto          | Elemento             | Existen antecedentes requeridos | Cumple | Observaciones |
|-------------------|----------------------|---------------------------------|--------|---------------|
| Diseño Geométrico | Trazado en Planta    |                                 |        |               |
|                   | Trazado en Elevación |                                 |        |               |

| Proyecto             | Tipo de Pavimento    | Las variables consideradas cumplen | El diseño es realizado correctamente | Observaciones |
|----------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Diseño de Pavimentos | Pavimentos Flexibles |                                    |                                      |               |
|                      | Pavimentos Rígidos   |                                    |                                      |               |

| Proyecto  | Elemento                         | Existen antecedentes requeridos | Cumple | Observaciones |
|---|----------------------------------|---------------------------------|--------|---------------|
| Proyecto de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias | Caracterización Hidrológica      |                                 |        |               |
|   | Transporte en calles y sumideros |                                 |        |               |
|   | Colectores                       |                                 |        |               |

| Proyecto            | Tipo de Estructura                        | Existen antecedentes requeridos | Cumple las bases de cálculo para uso de obras tipo | Observaciones |
|---------------------|---|---------------------------------|--|---------------|
| Estructuras Menores | Muros de contención                       |                                 |  |               |
|                     | Estructuras enterradas tipo Marco o Cajón |                                 |  |               |

|                   |   |
|-------------------|---|
| No cumple         | <input type="checkbox"/>  |
| Cumple con faltas | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> |
| Cumple sin faltas | <input checked="" type="checkbox"/>                                     |
| No aplica         | -   |

### 6.3 Ficha de Verificación de Gestión

#### Identificación

Nombre Estudio: \_\_\_\_\_

Fecha Revisión: \_\_\_\_\_

Nombre Revisor: \_\_\_\_\_

| Proyecto  | Existe | Cumple<br>Contenido | Entregado para<br>revisión | Aprobado | Observaciones |
|---|--------|---------------------|----------------------------|----------|---------------|
| Proyecto de Desvios de Tránsito                             |        |                     |                            |          |               |
| Proyecto de Semaforización,<br>Sincronismo y Comunicaciones |        |                     |                            |          |               |
| Proyecto de Señalización y<br>Demarcación                   |        |                     |                            |          |               |
| Proyecto de Modificación de<br>Servicios                    |        |                     |                            |          |               |
| Proyecto de Iluminación                                     |        |                     |                            |          |               |
| Proyecto de Arquitectura y<br>Paisajismo                    |        |                     |                            |          |               |
| Proyecto de Riego   |        |                     |                            |          |               |
| Proyecto de Expropiaciones                                  |        |                     |                            |          |               |
| Estudios Territoriales y Ambientales                        |        |                     |                            |          |               |
| Cubicaciones y presupuestos                                 |        |                     |                            |          |               |
| Intervención de cauces                                      |        |                     |                            |          |               |

|                   |                          |
|-------------------|--------------------------|
| No cumple         | <input type="checkbox"/> |
| Cumple con faltas | <input type="checkbox"/> |
| Cumple sin faltas | <input type="checkbox"/> |
| No aplica         | -                        |

## Nomenclatura

| <b>Símbolo</b>              | <b>Descripción</b>  | <b>Unidades</b> |
|-----------------------------|---|-----------------|
| EE                          | : Ejes Equivalentes de 80 kN  | -               |
| NE                          | : Número estructural  | mm              |
| ai                          | : Coeficiente estructural de la capa i  | -               |
| hi                          | : espesor de la capa i  | mm              |
| mi                          | : Coeficiente de drenaje de la capa i   | -               |
| ZR                          | : Coeficiente Estadístico dependiente del nivel de confianza                                | -               |
| S0                          | : Desviación estándar   | -               |
| MR                          | : Módulo resiliente del suelo de la subrasante  | MPa             |
| Pi                          | : Índice de Serviciabilidad inicial   | -               |
| Pf                          | : Índice de Serviciabilidad final   | -               |
| W <sub>18</sub>             | : Ejes Equivalentes de 80 KN acumulados durante la vida de diseño                           | -               |
| D                           | : Espesor de losa   | mm              |
| Sc                          | : Resistencia media a la flexotracción del hormigón a los 28 días, con carga en los tercios | MPa             |
| L1                          | : Carga Simple, 80 kN   | KN              |
| $\sigma_t$                  | : Tensión de tracción máxima en la losa para una condición de carga de borde.               | MPa             |
| T                           | : Periodo de retorno  | Años            |
| D                           | : Duración de precipitación   | -               |
| P <sub>D</sub> <sup>T</sup> | : Precipitación total para un periodo de retorno T y duración D                             | mm              |
| CF <sup>T</sup>             | : Coeficientes de Frecuencia para periodo de retorno T                                      | -               |
| T <sub>c</sub>              | : Tiempo de concentración   | Min             |
| V                           | : Velocidad de onda del elemento  | m/s             |
| R                           | : Radio hidráulico del flujo  | m               |
| H                           | : Altura de escurrimiento en planos o cauces  | m               |
| A                           | : Área del escurrimiento.   | m <sup>2</sup>  |
| B                           | : Ancho Superficial del escurrimiento   | m               |
| n                           | : Coeficiente de rugosidad de Manning   | -               |
| Q                           | : Caudal de salida  | L/s             |
| I                           | : Intensidad de la lluvia   | mm / hora       |
| C                           | : Coeficiente de escurrimiento de la Superficie   | -               |
| Q <sub>m</sub>              | : Capacidad máxima sumideros  | L/s             |
| Q <sub>s</sub>              | : Capacidad de diseño de sumideros  | L/s             |