



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN DE RUTA  
PROVINCIAL N°95 COMPRENDIDA ENTRE EL  
ENCÓN Y LA AUTOPISTA CIRCUNVALACIÓN  
OESTE**

Autores: Aramayo Clara Luz – Oulier Gustavo Adolfo

**TRABAJO FINAL DE GRADO**

- INGENIERÍA CIVIL -

**2020**

***“PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN DE RUTA PROVINCIAL N°95 COMPRENDIDA  
ENTRE EL ENCÓN Y LA AUTOPISTA CIRCUNVALACIÓN OESTE”***

Alumnos:

\_\_\_\_\_  
Clara Luz Aramayo

\_\_\_\_\_  
Gustavo Adolfo Oulier

Profesor guía:

\_\_\_\_\_  
Ingeniero Ramiro Reyes

Tribunal Evaluador:

\_\_\_\_\_

Fecha de exposición del trabajo:    \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

## Dedicatoria

*A mi familia, por acompañarme en todo momento brindándome su apoyo incondicional y sus consejos, en especial a mi Madre, Cristina Schekolin por jamás dejarme bajar los brazos.*

*A mis amigos, que caminamos juntos esta carrera, superando todos los obstáculos, y creciendo a la par.*

*Clara*

*A las personas que conocí en el transcurso del camino para llegar a este título.*

*Agradecimiento en especial para toda mi familia y sobre todo para mis padres que siempre fueron el sostén principal para llegar hasta aquí.*

*Para mis compañeros, nuevos colegas y amigos de toda la vida.*

*Gustavo*

## Agradecimientos

*Al Ingeniero Ramiro Reyes, por su tiempo y dedicación con nosotros para construir este proyecto, por compartir su conocimiento y ser un profesor ejemplar.*

*A las secretarías de la facultad de ingeniería, Patricia “Pato” y Edith, por estar siempre a disposición nuestra, facilitándonos los trámites desde el CIVU hasta la entrega de la tesis, sin importar días ni horarios.*

*Agradecemos también, de manera especial a la profesora Rina Egüez, Ing. Marcelo Chalabe, Ing. Fernando Albarracín e Ing. Mario Ochoa, quienes nos inspiraron y alentaron en todo momento, para llegar a nuestra tan deseada meta: SER INGENIEROS.*

*No hubiera sido posible sin ustedes.*

*¡¡MUCHAS GRACIAS!!*



## ÍNDICE

<i>Dedicatoria y agradecimientos</i> .....	3
INTRODUCCIÓN.....	10
CAPÍTULO 1: OBJETIVOS.....	11
1.1. OBJETIVOS ACADÉMICOS .....	11
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	12
2.1. UBICACIÓN DE CAMINO EXISTENTE.....	12
2.2. MARCO CONTEXTUAL.....	12
2.3. ALTERNATIVAS DEL TRAZADO.....	13
CAPÍTULO 3: ESTUDIO TOPOGRÁFICO.....	15
3.1. RELEVAMIENTOS DE PUNTOS .....	15
3.2. APROXIMACIÓN DE RELIEVE CON SOFTWARE GLOBAL MAPPER.....	19
3.3. TRAZA DEL PROYECTO.....	20
CAPÍTULO 4: CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.....	21
4.1. PRINCIPIOS DE DISEÑO .....	21
Factores de diseño: .....	21
4.2. PLANIMETRÍA .....	22
4.2.1. CURVAS HORIZONTALES .....	22
4.2.2. SOBREALCHO DE CALZADA .....	27
4.2.3. DISTANCIAS VISUALES .....	29
4.3. ALTIMETRÍA.....	35
4.3.1. CURVAS VERTICALES.....	35
CAPÍTULO 5: ESTUDIO DE SUELO.....	44
5.1. MOVIMIENTO DE SUELO .....	45
5.1.2. Cálculo de la sección .....	46
5.1.3. Diagrama de Bruckner .....	47
CAPÍTULO 6: DISEÑO DE PAVIMENTOS.....	49
6.1. Análisis del Tránsito .....	49
6.2. Diseño del paquete estructural.....	50
6.3. Fundamentos del diseño .....	50
6.4. Procedimiento de diseño.....	51
6.4.1. Método SHELL .....	51
6.4.2. Método AASHTO .....	54
6.5 Paquete estructural .....	62

CAPÍTULO 7: INTERSECCIONES .....	63
7.1. Intersecciones .....	63
7.2. INTERSECCIONES A NIVEL .....	63
7.3. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ELECCIÓN DEL TIPO DE INTERSECCIÓN .....	64
Tránsito .....	64
Entorno físico.....	64
Factores económicos.....	64
Factores humanos .....	65
7.4. PRINCIPIOS DE DISEÑO .....	68
7.4.1. El funcionamiento desde el punto de vista del conductor .....	68
7.4.2. Ubicación de las intersecciones .....	68
7.4.3. Capacidad.....	71
7.4.4 Puntos de conflicto.....	71
7.4.5. Movimientos de paso y movimientos de giro .....	73
7.5. DISTANCIA VISUAL EN INTERSECCIONES .....	74
7.6. TRIÁNGULOS DE VISIBILIDAD.....	75
Tipos de control de intersección .....	77
7.7. VEHÍCULOS DE DISEÑO .....	82
Mínimas trayectorias de giro de los vehículos de diseño .....	83
7.8. CONTROLES GEOMÉTRICOS .....	84
7.8.1. Ángulo de intersección.....	84
7.8.2. Alineamiento horizontal.....	84
7.8.3. Rasante .....	85
7.8.4. Diseño de borde mínimo de calzada de giro.....	86
7.9. ROTONDAS MODERNAS.....	88
7.9.1. Características de una rotonda moderna. ....	89
7.9.2. Diseño Geométrico de Rotonda Moderna. ....	94
7.9.3. SEÑALIZACIÓN.....	97
7.9.4. ILUMINACIÓN Y PAISAJISMO .....	99
7.10. ROTONDA PROYECTADA.....	100
7.10.1 PLANIMETRÍA DEL PROYECTO .....	103
7.10.2. PLANO DE REPLANTEO .....	103
7.10.3. PERFILES TRANSVERSALES.....	104
7.10.4. PLANO DE JUNTAS DE PAVIMENTOS .....	104

---

7.10.5. PLANO DE SENALIZACIONES .....	106
7.10.6. PLANO DE ILUMINACIÓN.....	109
CAPÍTULO 8: OBRAS DE ARTE MENORES .....	110
8.1. INTRODUCCIÓN .....	110
8.2. CÁLCULO HIDROLÓGICO .....	111
8.3. CÁLCULO DE ALCANTARILLA .....	112
CAPÍTULO 9: EXPROPIACIONES .....	116
CAPÍTULO 10: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	119
CAPÍTULO 11: CÓMPUTO Y PRESUPUESTO.....	123
CAPÍTULO 12: CONCLUSIÓN .....	126
BIBLIOGRAFÍA.....	127







## INTRODUCCIÓN

Las vías de comunicación son de vital importancia para el crecimiento de una zona, región o país. Tienen gran influencia ya que conectan centros poblacionales y hacen que estos mismos se puedan desarrollar tanto social como económicamente, además de agregar valor, también mejora la calidad de vida de las personas a las cuales les brinda servicio.

El presente trabajo final de grado de Ingeniería Civil trata un proyecto de pavimentación a realizarse sobre Ruta Provincial N°95, junto con un cruce que deberá distribuir el tránsito de forma segura en la intersección con Ruta Nacional N°51, evaluando las posibles soluciones que se pueden dar a dicha vía de comunicación, teniendo en cuenta el impacto ambiental y social que tendrá el proyecto, adaptándose a las medidas más convenientes para que el daño al entorno natural sea el menor posible. Nos presenta un reto en donde aplicaremos muchos conocimientos adquiridos durante el cursado de nuestra carrera, en otros casos aprender y estudiar nuevas formas de salvar inconvenientes forjando conceptos para tomar decisiones a aplicar.

Se tendrán en cuenta las obras de arte que harán falta para el correcto funcionamiento de dicha carretera, como ser alcantarillado, movimientos de tierra, intersecciones, alumbrado y señalización vertical y horizontal con lo cual llegaremos a computar cada trabajo necesario a realizar y ajustar un presupuesto para su concreción.

## CAPÍTULO 1: OBJETIVOS

### 1.1. OBJETIVOS ACADÉMICOS

Proyectar una carretera aplicando los conocimientos adquiridos en las materias carreteras, vías de comunicación, topografía, hidrología, entre otras.

Utilizar las herramientas brindadas por la universidad, como ser softwares para el cálculo y diseño, estación total, normas viales y promover la investigación afrontando temas extracurriculares tratados en el proyecto.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El objetivo principal del proyecto es debido a la expansión urbana que está sufriendo la zona haciendo que el actual trazado no cumpla adecuadamente su función, que es la de servir como superficie por la cual los vehículos se puedan trasladar de forma cómoda y segura a cierta velocidad, ya que al incrementarse la cantidad de vehículos que transitan por allí deterioran de manera considerable el camino existente sobre terreno natural, ocasionando molestias a los vecinos por el polvo en suspensión que genera el paso de los mismos.

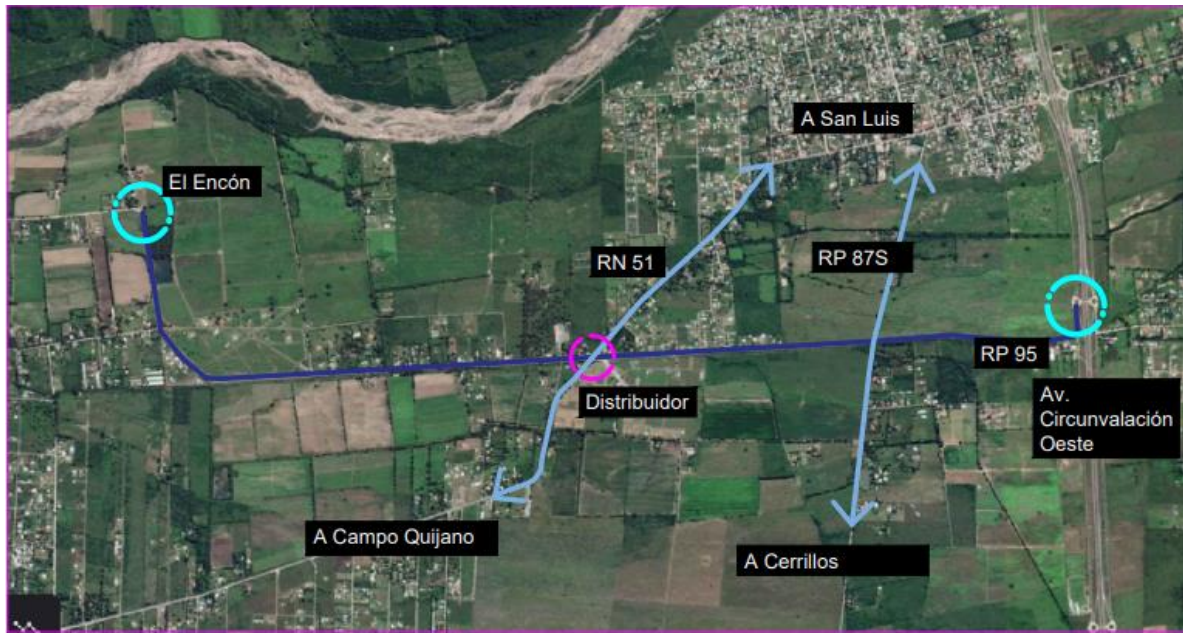
En momentos del día y sobre todo en fines de semana la Ruta Nacional 51 se ve congestionada por la afluencia de tránsito por lo que nuestra alternativa de ruta también busca crear un acceso utilizando un distribuidor brindando una salida alternativa y también como vía más directa hacia la autopista circunvalación para el tránsito pesado que proviene de la Ruta Nacional 51.

En dicho contexto también se nos presenta al inicio del tramo de nuestro proyecto el incumplimiento de un ancho mínimo de calzada, lo que nos lleva a hacer un análisis de título para determinar si alguna propiedad está invadiendo el ancho reglamentario de los márgenes de esta ruta. De no ser así evaluar la posibilidad de soluciones para resolver dicho inconveniente y analizar la creación de calles colectoras para asegurar también de forma segura el ingreso y egreso a los centros habitacionales que se emplazan a los costados de la ruta.

## CAPÍTULO 2: CARACTERÍSTICAS GENERALES

### 2.1. UBICACIÓN DE CAMINO EXISTENTE

Ubicado en la zona sudoeste del departamento Capital de provincia de Salta se encuentra el tramo de la Ruta Provincial N°95. El tramo que se analizará es el comprendido desde Autopista Circunvalación Oeste hasta la localidad de El Encón, con una longitud total de 5,75km. En su recorrido se empalma con la circunvalación oeste, cruza la ruta provincial N°87S y la ruta nacional N°51.



*Imagen N°2.1: Ubicación del camino de proyecto*

### 2.2. MARCO CONTEXTUAL

La misma en este momento está sobre un terreno consolidado por el mismo tránsito, por lo tanto, está en ausencia de un tratamiento bituminoso o capa de rodamiento de pavimento (rígido o flexible), banquetas y alcantarillas las cuales permitirían un escurrimiento controlado del agua. Cabe destacar que el estado en el cual se encuentra no es el adecuado para cumplir su función ya que, es una superficie bastante irregular con baches ocasionados por inclemencias del clima y tránsito, el cual lleva a sus laterales cuenta bastante material que se acumula con el paso del tiempo.



*Imagen N°2.2: Camino existente*

En dicho contexto también se nos presenta al inicio del tramo de nuestro proyecto el incumplimiento de un ancho mínimo de calzada, lo que nos lleva a hacer un análisis de título para determinar si alguna propiedad está invadiendo el ancho original de los márgenes de esta ruta. De no ser así analizar posibles soluciones para resolver dicho inconveniente y evaluar la creación de calles colectoras para asegurar también de forma segura el ingreso y egreso a los centros habitacionales que se emplazan a los costados de la ruta.

### 2.3. ALTERNATIVAS DEL TRAZADO

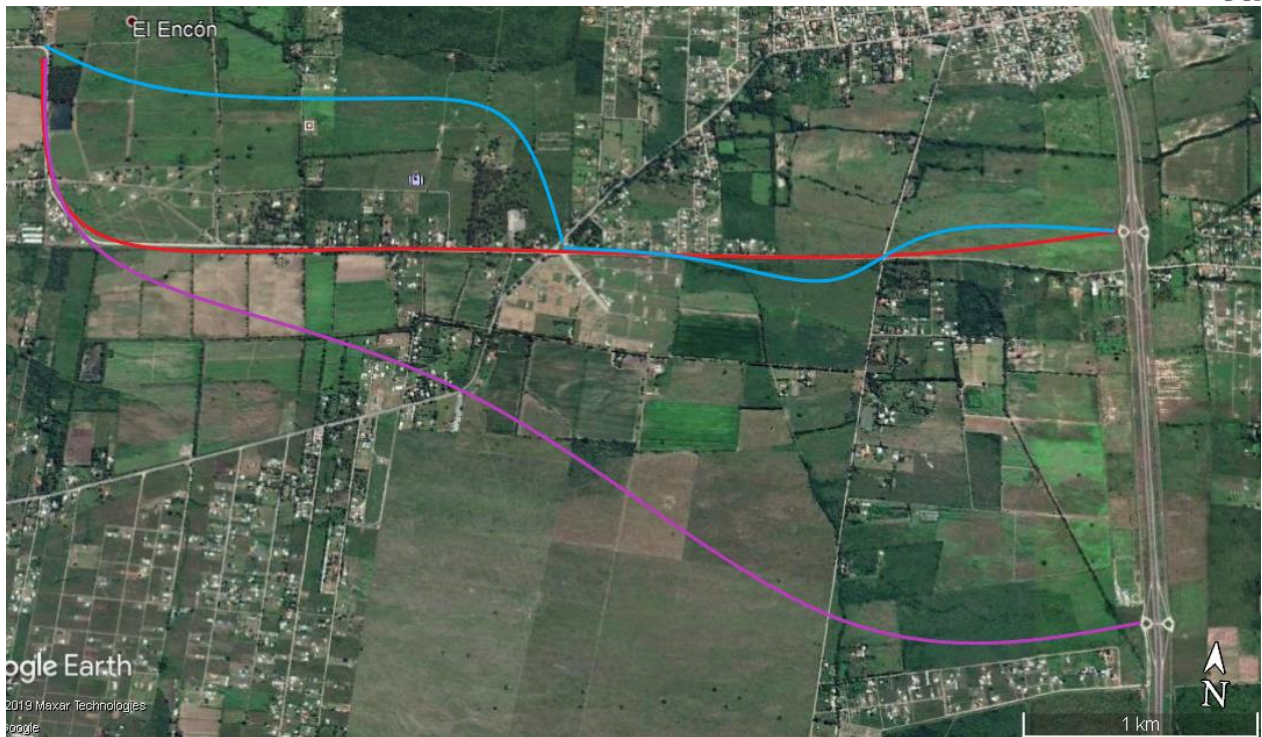
Planteamos tres alternativas posibles para la traza del proyecto:

           Alternativa 1: Emplazada sobre la traza original de camino, es la brinda servicio a mayor cantidad de vecinos

           Alternativa 2: Nuevo trazado, atraviesa mayormente caminos productivos.

           Alternativa 3: Atraviesa caminos productivos pero brinda servicio a una menor cantidad de gente cercana a la nueva traza.





*Imagen N°2.3: Alternativas de trazado*

**Alternativa 1:** La traza existente. Nuestra primera opción es analizar el camino de la RP 95, donde tenemos la ventaja que podemos acceder a pie, y realizar un análisis visual y topográfico. En un principio esta es nuestra mejor opción ya que tenemos la ventaja de abaratar costos de expropiación de tierras, también es el camino más directo hacia el Encón, y además es servidora de la mayoría de las urbanizaciones cercanas, que al fin y al cabo son los beneficiarios de este trabajo final.

**Alternativa 2:** Planteamos esta alternativa como una totalmente distinta, donde el objetivo es crear un nuevo camino, que permita el desarrollo de tierras que todavía permanecen productivos. Se pensó esta idea en base al desarrollo futuro de la zona y de su expansión.

**Alternativa 3:** Se desarrolló esta traza en base a que podíamos proyectar la RP 95 dirigiéndonos mayoritariamente por zona de fincas, donde la ventaja es el libre diseño y como desventajas tenemos que es muy costoso por la cantidad de tierras a expropiar, y además se aleja de las urbanizaciones existentes en el tramo RN 51 - El Encón.

En primer lugar, realizamos un análisis económico de cada alternativa en base a su longitud. La alternativa N°2 es la traza más larga y por lo tanto implica más costos de compactación y materialización de su carpeta asfáltica, esto sin nombrar costos de obras de arte complementarias, como ser alcantarillas, alumbrado, señalización, etc. Luego en longitud le sigue la alternativa N°3, mientras que el recorrido más corto le pertenece a la alternativa N°1, y por ende requiere menos tiempos de viaje para los usuarios.

En el aspecto Expropiaciones todas las trazas exigen un ancho de camino de 35m como mínimo, por lo tanto, se debe realizar expropiaciones en las tres alternativas, pero con

la salvedad de que en algunos casos se expropiarán viviendas mientras que, en otros, terrenos de uso agrícola. De los tres casos, la que menos viviendas se expropiarían es la traza N°2, pero para nosotros el tema expropiaciones no influye muy significativamente para determinar el cambio de trazado.

La finalidad de nuestro proyecto es beneficiar a la mayor cantidad de gente y, analizando los caminos, la alternativa N°1 es la que brindará servicio a una mayor cantidad de habitantes, además de ser un trazado eficiente, ya que es mayormente recto en su recorrido favoreciendo a la seguridad de los conductores.

En base a estos análisis mencionados es que decidimos optar como traza del proyecto a la alternativa N°1, representada con color rojo en la *imagen N°2.3*.

## CAPÍTULO 3: ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Un estudio topográfico se podría definir como un conjunto de acciones realizadas sobre un terreno con herramientas adecuadas para obtener una representación gráfica o plano.

Una vez obtenido el plano, este resulta muy útil para cualquier obra que se vaya a realizar sobre el terreno. De esta forma podemos conocer la posición de los puntos de interés y su posición exacta mediante la latitud, longitud y elevación o cota.

Para realizar un estudio topográfico es necesario disponer de varios instrumentos como el nivel y la estación total. El punto de partida de una edificación empieza con un levantamiento topográfico. Es el principio de una serie de etapas básicas que van desde la identificación y señalamiento del terreno hasta límites y amojonamientos.

### 3.1. RELEVAMIENTOS DE PUNTOS

En la toma de puntos para poder definir la superficie, donde nuestro proyecto está emplazado y hacer los cambios pertinentes, se utilizó como herramienta fundamental la estación total marca KOLIDA 445L con prisma reflector.



Imagen N°3.1-Estación total KOLIDA 445L



Imagen N°3.2 - Prisma acc. de estación total

Se tomaron en total diversos puntos, las secciones transversales se hicieron cada 100 metros en rectas, como la traza de la ruta tiene muy pocas curvas, se tomaron en ellas la mayor cantidad de puntos posibles para tener lo más detallada posible esas zonas, cabe destacar que no existe ondulaciones en el terreno o diferencias de nivel como depresiones que sean realmente significativas.

En cada sección se tomaron puntos respectivos a los bordes exteriores de la calzada, y donde iría proyectada la banquina se tomaron tanto a 3 metros del límite (cabe destacar que los límites de la calzada están materializados por los alambres de los terrenos adyacentes), ya que actualmente no cuenta con ella, como también así a mayor distancia por contingencia si se necesitaba tomar aún más terreno y no toparse con la falta de datos topográficos.

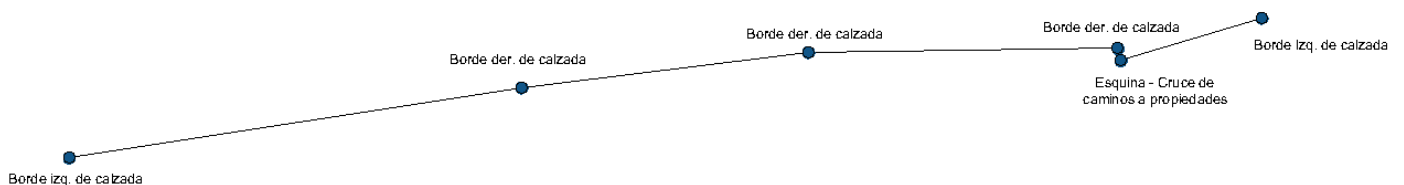


Imagen N°3.3 - Croquis de puntos estacionados

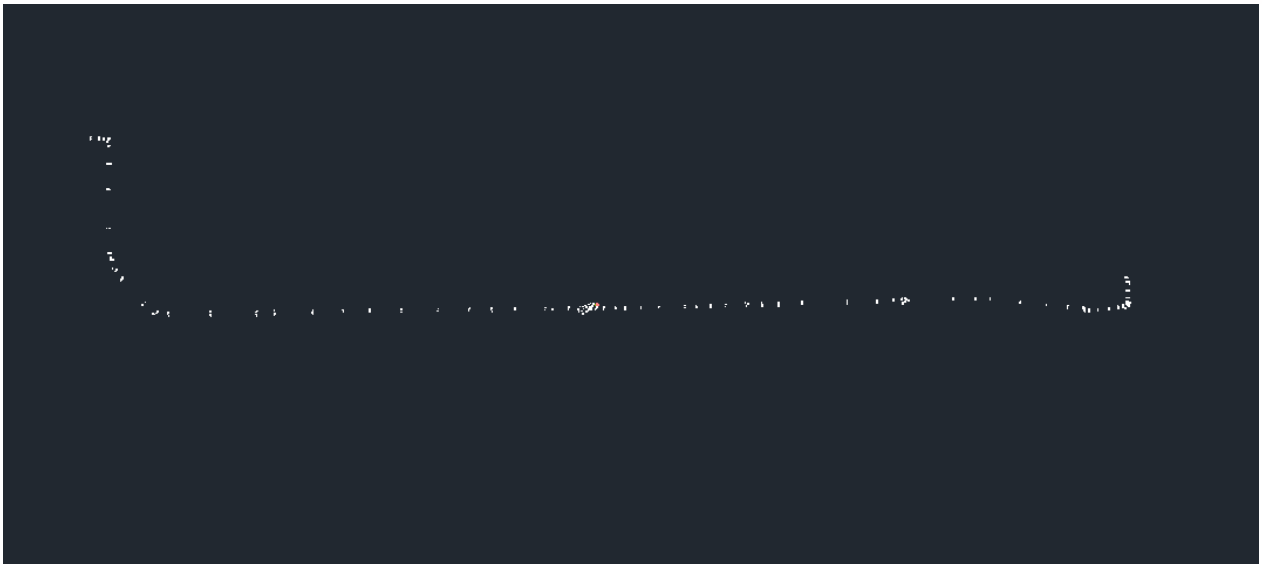


Se relevaron todos los puntos de interés y que condicionan el diseño de la traza, para estudiar luego cual traza es la más factible de todas, para eso se tomó cuenta los ingresos a propiedades, torres de alumbrado, torres de transporte de electricidad de media y baja tensión, alambrados delimitantes de propiedades, obras de arte, gasoductos, canales de riego, cruces con caminos secundarios, rutas provinciales y rutas nacionales.

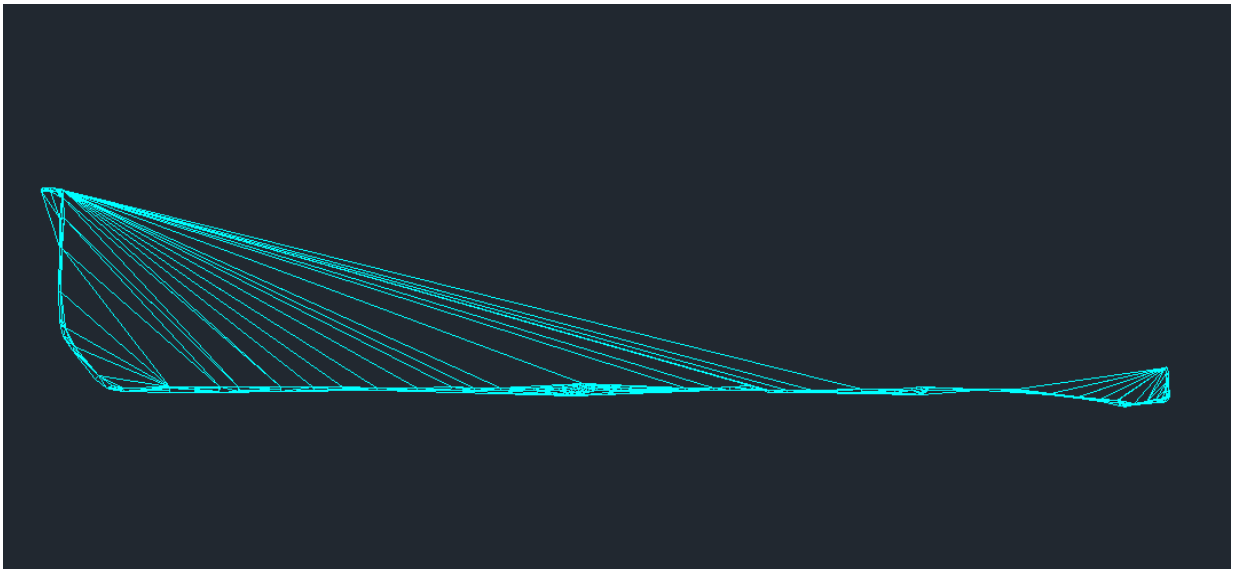
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda		
08TP	01		10007.296	9999.686	100.302	ALCA
08TP	02		10141.595	9972.075	98.695	BR
08TP	03		10138.474	9965.479	98.802	BR
08TP	04		10136.374	9977.521	99.177	TNRRE IL
08TP	05		10113.174	9973.145	99.907	TNRRE IL
08TP	06		10113.602	9975.009	99.457	BR
08TP	07		10114.993	9980.745	99.518	BR
08TP	08		10114.972	9985.492	99.803	EXT
08TP	09		10104.121	9988.650	100.132	TNRRE IL
08TP	10		10069.345	9980.493	99.569	BR
08TP	11		10069.493	9988.760	99.687	BR
08TP	12		10069.647	9992.794	99.681	EXT
08TP	13		10032.974	9983.245	99.705	TNRRE IL
08TP	14		10033.181	9985.188	99.529	EXT
08TP	15		10033.026	9986.800	99.540	BR
08TP	16		10033.471	9994.708	99.634	BR
08TP	17		10034.791	10000.657	99.568	EXT
08TP	18		10011.191	9986.707	99.961	EXT
08TP	19		10011.286	9990.614	100.219	BR
08TP	20		10011.622	9997.156	100.184	BR
08TP	21		10012.703	10003.093	99.797	EXT
08TP	22		10005.272	9987.387	100.469	ALCA
08TP	23		10008.566	9999.442	100.350	ALCA
08TP	24		10002.692	9987.911	100.451	ALCA
08TP	25		10005.951	9999.914	100.370	ALCA
08TP	26		10007.367	10005.213	99.842	ALCA
08TP	27		10003.070	9998.076	100.248	BR
08TP	28		9990.622	9998.420	99.617	BR
08TP	29		9993.876	9992.044	99.876	BR
08TP	30		9997.620	9985.404	99.802	BR
08TP	31		9980.624	9980.466	99.863	TNRRE IL
08TP	32		9976.631	9984.238	99.585	EXT
08TP	33		9994.295	9969.100	100.336	ALCA
08TP	34		9989.545	9970.430	99.778	BR
08TP	35		9982.314	9973.542	99.723	BR

*Imagen N°3.4: Puntos relevados con estación total*

Luego de haber terminado el relevamiento topográfico se importó todos esos datos obtenidos a un software Autodesk AUTOCAD Civil 3D 2019, asistente que está enfocado a la tarea que necesitamos realizar y con el cual obtuvimos las curvas de nivel. Una vez generadas las curvas de nivel se prosiguió a la representación de la actual traza para verificar el diseño geométrico con el cual está actualmente.



*Imagen N°3.5: Superficie de camino relevado con estación total*



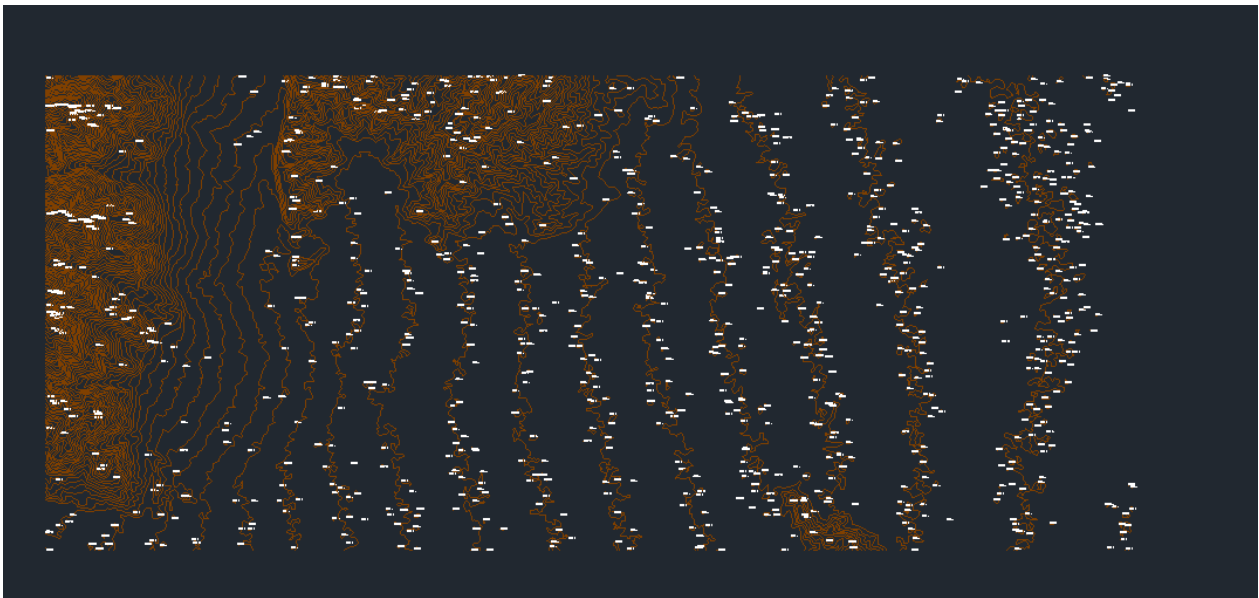
*Imagen N°3.6: Triangulación de puntos relevados.*

Debido a que no se pudo realizar mediciones en un rango más amplio por la existencia de propiedades privadas, en esta etapa decidimos combinar nuestros puntos relevados junto con la aproximación del relieve del terreno adyacente que nos provee el software global mapper, el cual genera curvas de nivel apoyándose en imágenes satelitales de tomadas con el software google earth pro.

### 3.2. APROXIMACIÓN DE RELIEVE CON SOFTWARE GLOBAL MAPPER

Primeramente, hacemos uso del programa Google Earth pro, el cual está compuesto por una serie de superposiciones entre imágenes satelitales, fotografías, información geográfica de datos SIG (sistema de información geográfica) y modelos creados por computadoras. Posicionándonos sobre una superficie capaz de abarcar el tamaño de nuestra traza de ruta exportamos los datos geográficos del mismo hacia el software Global Mapper, el cual nos ayudará a determinar las curvas de nivel en nuestra superficie delimitada. Global Mapper obtiene un mapa topográfico digital basándose en un proyecto desarrollado por la NASA conjuntamente con el METI (ministerio de economía y comercio e industria de Japón).

Tomando como referencia de posicionamiento global el sistema UTM (Universal Transversal de Mercator) establecimos que nuestro proyecto se encuentra emplazado en la zona J-20, es decir, de uso 20, banda J y luego para poder dibujar utilizamos el estándar de referencia más utilizado que es el DATUM WGS84 (world geodesic system 1984). Posicionados en un amplio sector que abarque nuestro camino y otras zonas adyacentes el sistema ASTER recoge imágenes estéreo del espectro visible y también las regiones de longitud de onda de las radiaciones térmicas infrarrojas con resoluciones espaciales que van de unos 15 a 90 metros para luego así crear curvas de nivel con la información obtenida sobre las diferentes elevaciones del terreno en cuestión. Con esta información observamos muy claramente las diferentes alturas y podemos analizar hacia donde toman curso las pendientes del terreno.



*Imagen N°3.7: Curvas de nivel generadas con Global Mapper*

Las coordenadas UTM que utiliza el sistema ASTERGDEM posteriormente se pueden establecer en coordenadas Gauss - Kruger Sistema Posgar 94 que hace referencia al geoide WGS84/EGM96 ya que sabemos que la tierra no es una esfera perfecta, sino que tiende a ser un elipsoide. Así establecemos coordenadas requeridas por la DNV para la fase de proyecto de nuestro camino.

### 3.3. TRAZA DEL PROYECTO

Luego del análisis que se reflejó anteriormente en el capítulo 2.3 ALTERNATIVAS DE TRAZADO, decidimos respetar en mayor parte la traza ya existente de la ruta provincial N°95. En el inicio de la misma decidimos empalmar partiendo desde un distribuidor ya existente que pertenece a un acceso a calles colectoras de circunvalación oeste y luego empalmamos con el camino existente a través de nuestra curva número 1.

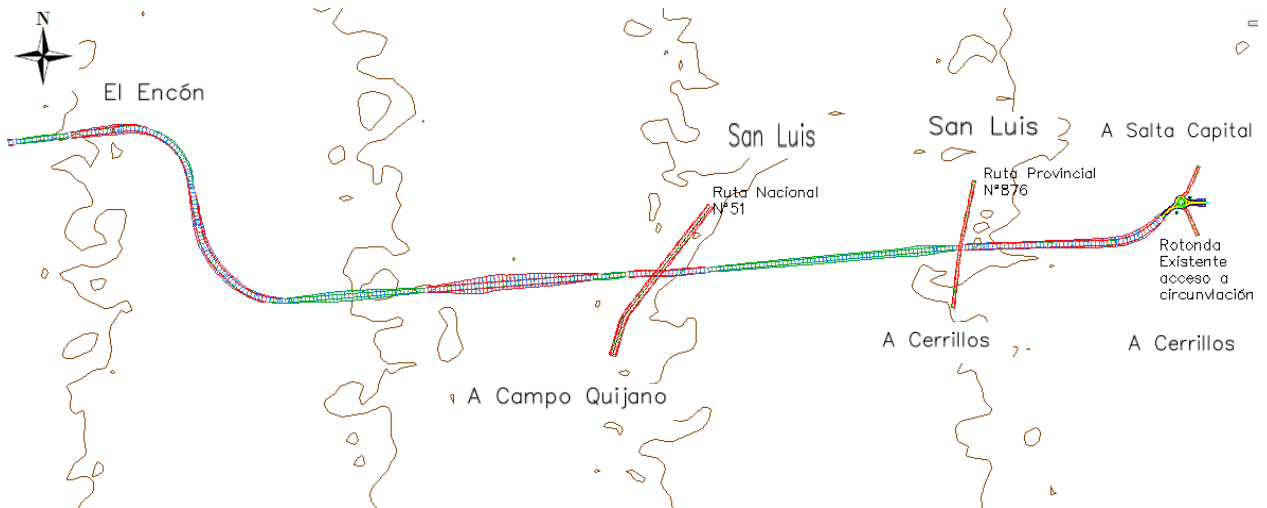


Imagen N°3.8: Trazo definitiva del proyecto

## CAPÍTULO 4: CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

### 4.1. PRINCIPIOS DE DISEÑO

Para llevar a cabo el diseño, se utilizó la traza original de la ruta en cuestión para que el proyecto sea lo más económicamente factible. Hay lugares en los cuales la traza no pudo ser respetada en su totalidad por lo cual se debió modificar la misma, teniendo que sumar zonas de expropiación, todo esto para que el trabajo sea el correcto.

#### Factores de diseño:

Este proyecto se encuentra según las “Normas de Diseño Geométrico de Caminos Rurales” en la Categoría de Camino Tipo II, con un volumen de tránsito medio diario de diseño de 3119, entre los 1500 y 5000 vehículos, para una topografía llana. El análisis del Tránsito se desarrolla en su totalidad en el *Capítulo VI Diseño del Pavimento*.

A continuación, en la Planilla 1 se puede apreciar resaltado con un rectángulo en rojo la categoría correspondiente a este proyecto, y los parámetros que se deben adoptar en tal caso.

**RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS RURALES**

CAMINOS		CARACTERÍSTICAS BÁSICAS			DISTANCIA VISUAL MÍNIMA			PLANIMETRÍA ④						ALTIMETRÍA			
TIPOS	CATEGORÍA	CONTROL DE ACCESO	NÚMERO DE CARRILES	VELOCIDAD DIRECTRIZ ①	DETENCIÓN ②	ADE-LANTAMIENTO ③	DECI-SIÓN	RADIOS MÍNIMOS emáx 6%		RADIOS MÍNIMOS emáx 8%		RADIOS MÍNIMOS emáx 10%		PENDIENTES MÁXIMAS		VALOR K BÁSICOS	
				km/h	m	m	m	DESEA-BLE	ABSO-LUTO	DESEA-BLE	ABSO-LUTO	DESEA-BLE	ABSO-LUTO	DESEA-BLE	ABSO-LUTO	CONVE-XA	CÓN-CAVA
AUTOPISTA	ESPECIAL	TOTAL	≥(2+2)	130	339	-	410	1450	970	1085	845	870	750	2	3	226	88
				120	290	-	380	1270	755	950	665	760	595	3	3	165	75
				110	246	-	340	1095	585	820	520	655	470	3	4	119	62
AUTOVÍA	I	TOTAL O PARCIAL	2+2	120	290	-	380	1270	755	950	665	760	595	3	3	165	75
				110	246	-	340	1095	585	820	520	655	470	3	4	119	62
				80	138	-	230	645	250	480	230	385	210	4	6	38	32
CARRETERA	II	PARCIAL	2	120	290	800	380	1270	755	950	665	760	595	3	3	165	75
				100	206	680	320	935	450	700	405	580	365	3	5	84	51
				70	110	470	200	515	185	385	170	310	155	5	7	24	24
				50	63	330	150	290	90	220	85	175	75	7	9	8	12
COMÚN	III	PARCIAL O SIN CONTROL	2	110	246	740	340	1095	585	820	520	655	470	3	5	119	62
				90	170	610	280	785	340	585	305	470	280	4	6	57	41
				60	85	400	180	395	135	300	120	240	110	5	7	15	18
				40	45	260	110	210	55	155	50	125	50	7	9	4	8
BAJO VOLUMEN	IV	SIN CONTROL	2	100	206	680	320	935	450	700	405	580	365	4	6	84	51
				70	110	470	200	515	185	385	170	310	155	5	7	24	24
				50	63	330	150	290	90	220	85	175	75	6	8	8	12
	30	30	190	80	120	30	90	30	70	25	7	9	4	4			
	V	SIN CONTROL	2	90	170	610	280	785	340	585	305	470	280	5	6	57	41
				50	63	330	150	290	90	220	85	175	75	6	8	8	12
30				30	190	80	120	30	90	30	70	25	7	10	4	4	
				25	24	160	60	80	20	60	20	50	20	8	11	4	4

*Planilla 1: Características de Diseño geométrico de Caminos Rurales*

Los parámetros para el diseño que adoptan son los siguientes:

— *Velocidad directriz: 80 km/h*

La velocidad adoptada es un poco menor a la que impone la categoría de camino, ya que en la traza hay varios accesos a propiedades privadas, y también para que se adapte mejor a la traza actual.

— *Peralte máximo: 6%*

En la proximidad de zonas sub-urbanas tendremos en cuenta que el peralte máximo recomendado es del 6%.

— *Ancho de zona de camino: 35,00m.*

Por estar catalogada como una vía secundaria por la dirección de Vialidad de la Provincia de Salta, se establece que el ancho de la zona de camino debe ser por lo menos de 35,00m. Logramos ajustar el proyecto en 35m de ancho pero lo recomendable sería estudiar y avanzar más con las expropiaciones para obtener un ancho de 70m.

— *Ancho de coronamiento: 13,30m.*

Debido a su categoría indica un ancho de calzada de 7,30m de dos trochas de esta manera asegurándonos un óptimo diseño para que los vehículos que la transiten lo hagan con la seguridad que corresponde y sea cómoda. Banquinas a ambos lados de 3,00m.

— *Pendiente longitudinal máxima: 3%*

— *Radio mínimo absoluto: 273,3m* Interpolando entre los valores de la Tabla.

— *Pendiente máxima de curvas verticales: 6.33% 3m* Interpolando entre los valores de la Tabla.

## 4.2. PLANIMETRÍA

### 4.2.1. CURVAS HORIZONTALES

*Curvas con transición:*

Al pasar de una alineación recta a una curva circular bruscamente, aparece la fuerza centrífuga, con dos consecuencias:

- 1- incomodidad del conductor por la fuerza que lo tira hacia afuera de la curva
- 2- peligro de deslizamiento del vehículo

Para evitar estos efectos se intercala una transición entre el alineamiento recto y la curva, la misma se llama espiral de Arquímedes o clotoide.

En una curva circular los cuerpos están sometidos a una aceleración centrípeta dada por la siguiente expresión, para una velocidad constante.

$$ac = \frac{V^2}{R}$$

La variación de dicha aceleración centrípeta, es la que produce la variación de la fuerza centrífuga, en el tiempo  $t$  que tarda en recorrer la transición, por lo tanto:

$$A = \frac{\Delta ac}{\Delta t} = \frac{Af - Aci}{\Delta t} = \frac{\frac{V^2}{R} - 0}{\frac{L}{V}} = \frac{V^3}{RxL}$$

Se ha demostrado empíricamente que  $A$  no debe exceder  $0.6\text{m/seg}^3$ , por lo tanto la longitud mínima de la espiral deber ser, para  $V$  en [km/hora], y  $L$  en [m]:

$$\frac{V^3}{RxL} \leq 0.6$$

$$L_{min} \geq \frac{V^2}{0.6xR}$$

$$Le = \frac{V^3}{28xRc}$$

A continuación se detalla las partes de una curva horizontal con transición.

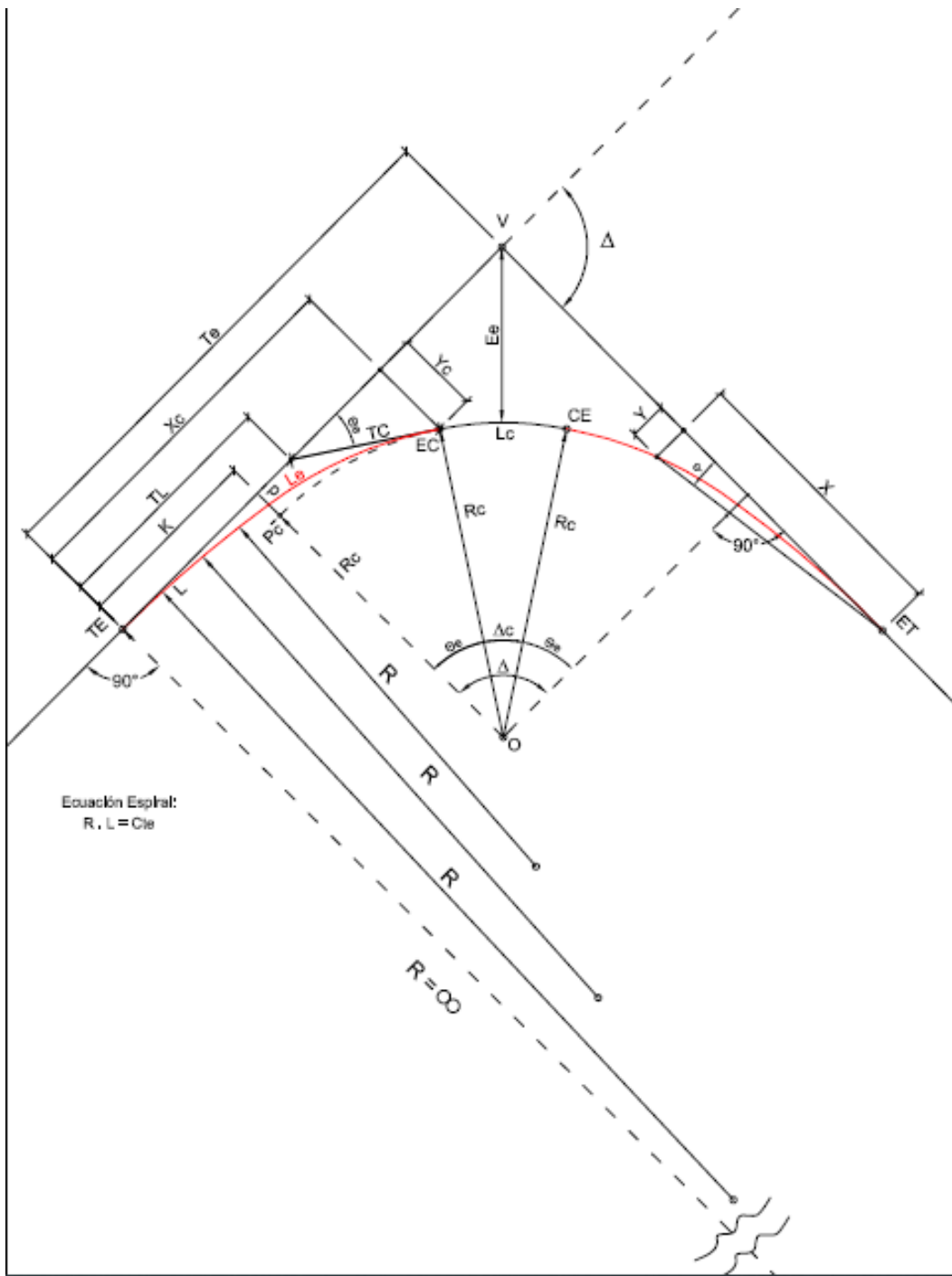


Imagen N°4.1: Curva horizontal con transición



*Elementos de la curva horizontal con transición:*

- *V= Vértice de la poligonal*
- *TE= Punto común de la tangente y la espiral*
- *EC= Punto común de la espiral y la curva circular*
- *CE= Punto común de la curva circular y espiral*
- *ET= Punto común de la espiral y la tangente*
- *R= Radio de la curva circular*
- *Le= Longitud espiral*
- *Lc= Longitud curva circular*
- *Te= Tangente principal entre TE y V*
- *Ee= externa*
- *k, p: Coordenadas de PC con respecto a TE*
- *Δ: Ángulo de desviación = Ángulo de las tangentes al centro*
- *Δc: Ángulo al centro del arco circular*
- *θe: Ángulo de las tangentes en los extremos de la espiral*

La forma de calcular cada uno de los elementos de la curva horizontal con transición se encuentran en Anexo 1: Marco Teórico.

*Radio mínimo de la curva circular*

Se estima que un 38% de la fuerza centrípeta en una curva es controlada por el peralte, y un 62% es contrarrestado por la fricción entre neumáticos y pavimento. Es por esto que para calcular el radio mínimo se introduce una reducción en la velocidad, calculando el radio utilizando solo el peralte máximo:

$$R_{min} = \frac{(0,6 \times V)^2}{127 \times p} = \frac{(0,6 \times 80)^2}{127 \times 0,06} = 302,36m$$

De acuerdo con la velocidad directriz y el peralte máximo según categoría de camino, el radio mínimo será 302,36m. Se puede adoptar radios mayores, en cuyo caso se debe calcular el peralte correspondiente, pero siempre respetando el máximo dado por la categoría del camino (6%).

Utilizamos como guía La Tabla “*ELEMENTOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CURVAS HORIZONTALES PARA CAMINOS RURALES EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DIRECTRIZ PARA PERALTES MÁXIMOS DEL 6%*”, donde tenemos radios mínimos en función de la Velocidad Directriz y el Peralte máximo.

R m	V = 25 km/h VMM = 25 km/h			V = 30 km/h VMM = 30 km/h			V = 40 km/h VMM = 40 km/h			V = 50 km/h VMM = 47 km/h			V = 60 km/h VMM = 55 km/h			V = 70 km/h VMM = 63 km/h			V = 80 km/h VMM = 70 km/h			R m
	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	e %	Lemin m	S m	
	RminAbs = 20 RminDes = 80			RminAbs = 30 RminDes = 120			RminAbs = 55 RminDes = 210			RminAbs = 90 RminDes = 290			RminAbs = 135 RminDes = 395			RminAbs = 185 RminDes = 515			RminAbs = 250 RminDes = 645			
20	6	30	6,6																			20
30	6	30	4,3	6	30	4,4																30
40	6	30	3,3	6	30	3,3																40
50	6	30	2,6	6	30	2,7																50
60	6	30	2,2	6	30	2,3	6	40	2,4													60
70	6	30	1,9	6	30	2	6	35	2,1													70
80	6	30	1,7	6	30	1,7	6	30	1,9													80
90	5,5	30	1,5	6	30	1,6	6	30	1,7	6	50	1,8										90
100	4,9	30	1,4	6	30	1,4	6	30	1,5	6	45	1,6										100
110	4,5	30	1,3	6	30	1,3	6	30	1,4	6	40	1,5										110
120	4,1	30	1,2	5,9	30	1,2	6	30	1,3	6	35	1,4										120
130	3,8	30	1,1	5,5	30	1,1	6	30	1,2	6	35	1,3										130
140	3,5	30	1	5,1	30	1,1	6	30	1,1	6	30	1,2	6	55	1,3							140
150	3,3	30	1	4,7	30	1	6	30	1,1	6	30	1,2	6	50	1,2							150
175	2,8	30	0,8	4	30	0,9	6	30	0,9	6	30	1	6	45	1,1							175
200	2,5	30	0,7	3,5	30	0,8	6	30	0,8	6	30	0,9	6	40	1	6	60	1,1				200
250	BR	30	0,6	2,8	30	0,6	5	30	0,7	6	30	0,8	6	35	0,8	6	50	0,9	6	75	1	250
300	BR	30	0,5	2,4	30	0,5	4,2	30	0,6	5,8	30	0,7	6	35	0,7	6	40	0,8	6	60	0,8	300
400	BN		0,4	BR	30	0,4	3,1	30	0,5	4,4	30	0,5	6	35	0,6	6	40	0,6	6	45	0,7	400
500	BN			BN		0,4	2,5	30	0,4	3,5	30	0,4	4,8	35	0,5	6	40	0,5	6	45	0,6	500
600	BN			BN			2,1	30	0,4	2,9	30	0,4	4	35	0,4	5,1	40	0,5	6	45	0,5	600
700	BN			BN			BR	30		2,5	30		3,4	35	0,4	4,4	40	0,4	5,5	45	0,5	700
800	BN			BN			BR	30		2,2	30		3	35	0,4	3,9	40	0,4	4,8	45	0,4	800
900	BN			BN			BN	30		BR	30		2,6	35		3,4	40	0,4	4,3	45	0,4	900
1000	BN			BN			BN			BR	30		2,4	35		3,1	40		3,9	45	0,4	1000
1200	BN			BN			BN			BR	30		BR	35		2,6	40		3,2	45		1200
1300	BN			BN			BN	30		BR	30		BR	35		2,4	40		3	45		1300
1400	BN			BN			BN			BR	35		BR	35		2,2	40		2,8	45		1400
1500	BN			BN			BN			BR	35		BR	35		2,1	40		2,6	45		1500
2000	BN			BN			BN			BN			BN			BR	40		BR	45		2000
2500	BN			BN			BN			BN			BN			BR	40		BR	45		2500
3000	BN			BN			BN			BN			BN			BN			BR	45		3000
3500	BN			BN			BN			BN			BN			BN			BN			3500
4000	BN			BN			BN			BN			BN			BN			BN			4000

Imagen N°4.2 Tabla de elementos de diseño para caminos rurales

Para la **CURVA 1** adoptamos un radio de 350m al cual le corresponde un peralte de 5.2% (es menor que el máximo de 6%), y con los ángulos tangentes Δ calculados en la planimetría, calculamos todos los elementos de la misma.

Cálculo de los Elementos de la curva horizontal de transición para la CURVA 1

- $R_c = \text{Radio de } 350m$
- $\Delta = 49^{\circ}53'6''$
- $p = 5.2\%$  adoptamos  $5.5\%$
- $Lemin = 52.24m$  adoptamos  $60m$
- $K = 30m$
- $P = 0.4286m$
- $Te = 192.97m$
- $\phi_e = 0.0857 = 4^{\circ}53'56''$
- $Ee = 36.47m$
- $\Delta c = 40^{\circ}5'14''$
- $Lc = 244.87m$
- $Ds = 364.87m$

Con estos cálculos expresados en el Anexo 1 determinamos valores parámetros para elegir siempre en nuestras curvas distancias superiores a éstas arrojadas por las fórmulas.

#### 4.2.2. SOBREALCHO DE CALZADA

Para que las curvas horizontales presenten las mismas condiciones de seguridad que las rectas, ante el cruce de vehículos con sentidos opuestos, es necesario introducirles sobrealchos. También por las siguientes razones:

- El vehículo al describir una curva, ocupa un mayor ancho, ya que sus ruedas traseras recorren una trayectoria ubicada en el interior de las descritas por las ruedas delanteras.
- La dificultad que experimentan los conductores para mantenerse en el centro de su carril en la curva. Esta dificultad aumenta con la velocidad, pero disminuye a medida que aumentan los radios de las curvas horizontales.

Para determinar la magnitud del sobrealcho, debe elegirse un vehículo representativo del tránsito de la ruta. La Norma de Diseño Geométrico de la DNV define como vehículo representativo o de control al camión semirremolque, que posee las siguientes dimensiones:

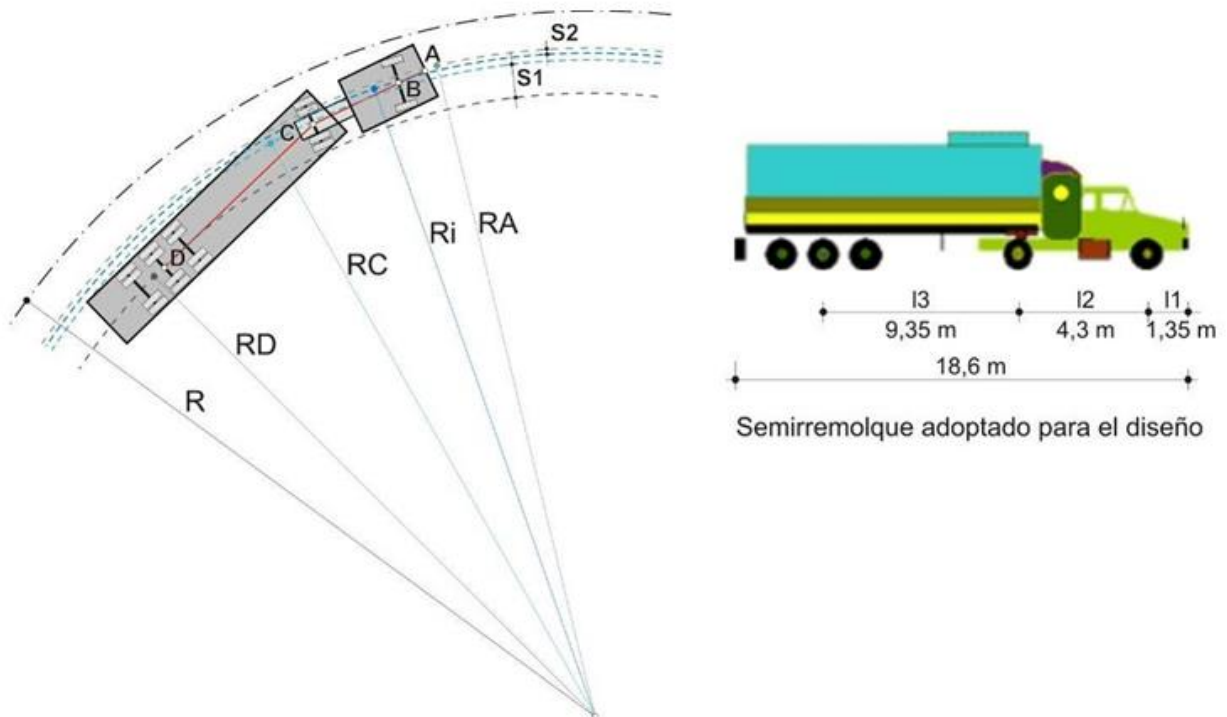


Imagen N°4.3: Elementos de sobrealcho

El sobrealcho S, en metros, de un camino de n=2 carriles para una calzada de 7,3m siendo R el radio de la curva en metros, y V la velocidad directriz en km/h, es:

$$S_{total} = S1 + S2$$

$$S1 = n \left[ RA - \sqrt{RA^2 - (l1^2 + l2^2 + l3^2)} \right]$$

$$S_2 = \frac{V}{10x\sqrt{R}}$$

$$S_{total} = n \left[ RA - \sqrt{RA^2 - (l_1^2 + l_2^2 + l_3^2)} \right] + \frac{V}{10x\sqrt{R}}$$

Siendo

- Distancia entre la parte frontal y eje delantero: **l1=1,35 m**
- Distancia entre el eje delantero y el eje trasero de la unidad tractora: **l2=4,3 m**
- Distancia entre el eje trasero de la unidad tractora y el eje del semirremolque: **l3=9,35m.**

*Cálculo del sobreancho para la CURVA 1:*

Reemplazando las dimensiones del camión, y los datos correspondientes a la curva:

- **Rc = 350m = RA**
- **V=80km/h**

$$S_{total} = 2 \left[ 350 - \sqrt{350^2 - (1.35^2 + 4.3^2 + 9.35^2)} \right] + \frac{80}{10x\sqrt{350}}$$

$$S_{total} = 0.74m$$

$$\text{Adoptamos } S = 0.80m$$

En curvas con transiciones, el sobreancho se debe repartir por partes iguales a ambos lados del eje, sin modificar la posición del eje de simetría de la calzada respecto al eje de proyecto. La distribución deberá variar linealmente a lo largo de la longitud de las espirales, para obtener el valor total en todo el desarrollo del arco circular. En la parte externa de las curvas, el sobreancho no debe sobrepasar las extensiones del borde exterior de las rectas tangentes por razones estéticas y de seguridad.

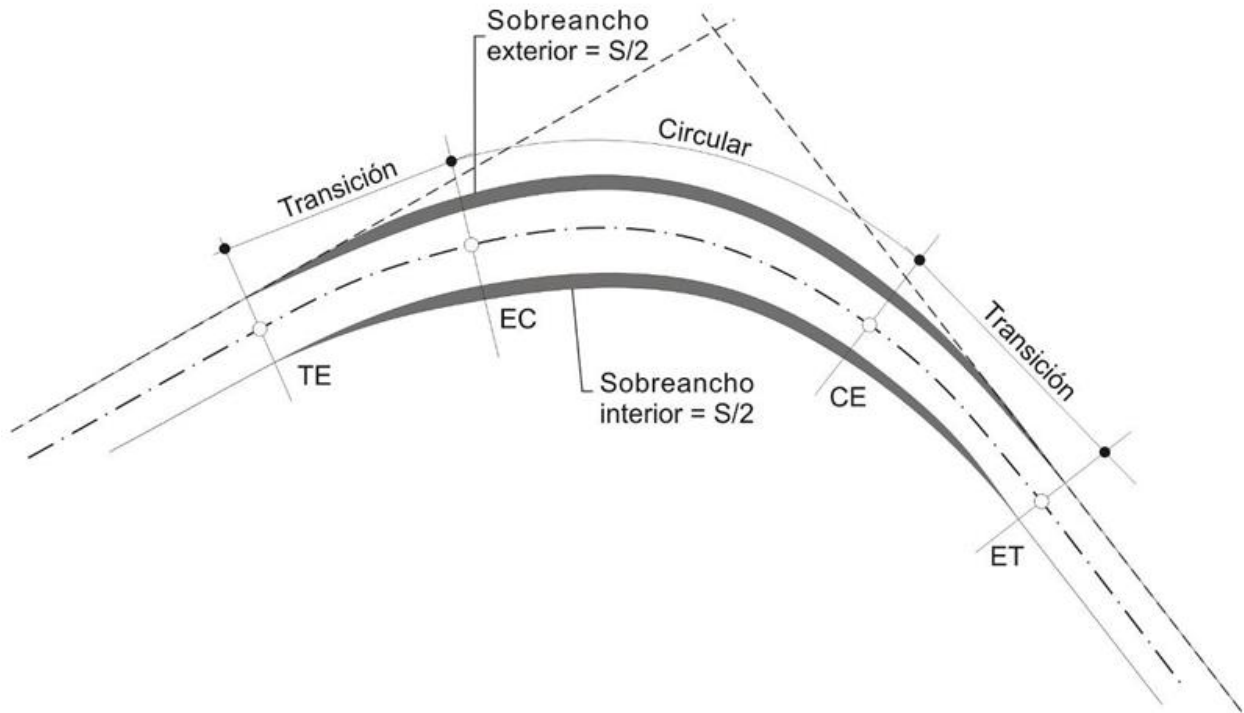


Imagen N°4.4: Sobreebanco en curva

#### 4.2.3. DISTANCIAS VISUALES

El conductor debe contar con la visibilidad adecuada para poder anticipar cómodamente las distintas maniobras a realizar.

Distancia visual es la longitud continua, medida sobre la trayectoria normal de marcha de una calzada, hasta donde el conductor de un vehículo ve la superficie de la calzada o un objeto de una altura especificada por encima de la calzada, cuando la visibilidad no esté obstruida por el tránsito.

Por seguridad, se debe proveer una distancia visual de suficiente longitud para que los conductores controlen la operación de sus vehículos y así disminuir la tasa de accidentes al menor valor posible. Por ejemplo, frenar y no chocar contra un objeto que se encuentre en la calzada o en sus costados, o adelantarse a otro vehículo, o cualquier otra maniobra que se requiera.

*Distancia visual de detención DVD:* Es la distancia que requiere un conductor manejando a la velocidad directriz sobre calzada húmeda, desde el instante en que observa un obstáculo imprevisto en el camino hasta el momento en que se detiene completamente delante del obstáculo por aplicación de los frenos.

Analizamos según el modelo de AASHTO:

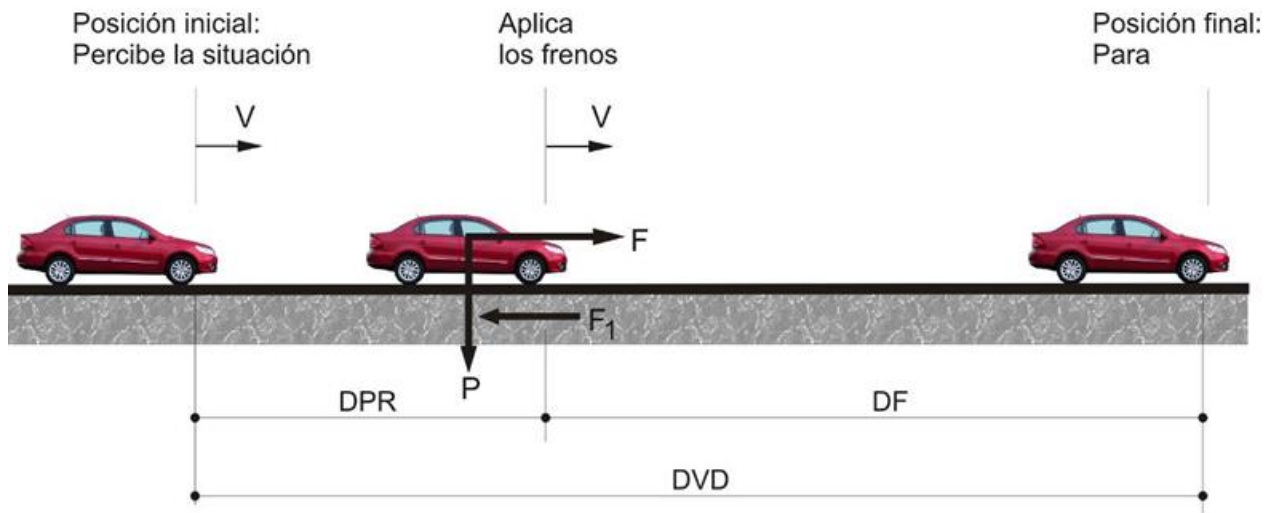


Imagen N°4.5: Distancia Visual de Detención

La DVD se determina mediante sus dos componentes:

$$DVD = DPR + DF$$

*Distancia de percepción y reacción DPR:* distancia recorrida a velocidad uniforme, velocidad directriz V, durante el lapso en que el conductor advierte el peligro y reacciona para aplicar los frenos (concepto cinemático).

Tomamos como TPR (tiempo de percepción y reacción) 2.5seg.

$$DPR = \frac{V \times 2.5 \text{seg}}{3.6} = \frac{80 \times 2.5 \text{seg}}{3.6} = 55.55 \text{m}$$

*Distancia de Frenado DF:* distancia recorrida en movimiento uniformemente desacelerado, durante el frenado en calzada húmeda hasta la detención frente al obstáculo (concepto dinámico).

La distancia de frenado depende del coeficiente de fricción longitudinal húmeda (fl), el cual a su vez está en función de la Velocidad Directriz, ya que se lo supone constante durante el frenado, pero variable con la velocidad inicial del frenado. Es un valor representativo de la fricción entre neumáticos y calzada, y engloba las resistencias del aire, rodamiento, e interna del motor y engranajes.

$$DF = \frac{V^2}{254 \times fl} = \frac{80^2}{254 \times 0.31} = 81.28 \text{m}$$

*Coefficiente de fricción  
longitudinal húmeda fl*

V [km/h]	fl
25	0,42
30	0,4
40	0,37
50	0,35
60	0,33
70	0,32
80	0,31
90	0,3
100	0,29
110	0,28
120	0,27
130	0,27
140	0,26

Calculamos entonces DVD:

$$DVD = 55.55m + 81.28m = 136.83m$$

$$\text{Adoptamos } DVD = 138m$$

Este valor es considerado para pendientes longitudinales igual a cero. Para el caso de pendientes con valores distintos, se debe recurrir a la *Tabla 3.2 Distancias visuales mínima de detención (DVD)*, del capítulo 3 de la *Norma Diseño Geométrico y Seguridad Vial*, la cual adjuntamos a continuación:



V km/h	Calzada de dos o un sentido										Calzada de un sentido										
	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	24	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	30	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
40	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	45	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
50	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	63	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
60	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	85	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
70	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	110	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
80	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	138	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
90	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	170	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8
100	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	206	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
110	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	246	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
120	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	290	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
130	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	339	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8
140	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	391	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8

Imagen N°4.6: Distancias mínimas de detención

DVD en pendiente longitudinal: La máxima pendiente que tenemos en nuestro proyecto corresponde a la de la Curva 1, la cual es  $i=-2.6$ . Del gráfico podemos concluir que es necesario modificar la DVD, ya que está afectado por el factor 1.1.

$$DVD = 1,1 \times 138m = 151.8m = 152m$$

*Distancia visual de adelantamiento (DVA):* En caminos indivisos de dos carriles y dos sentidos, es la mínima distancia visual suficiente y necesaria que, invadiendo el carril de sentido contrario, permite al conductor de un vehículo adelantarse a otro que circula más lentamente por su mismo carril, sin interferir la velocidad y trayectoria de un tercer vehículo que avance en sentido contrario, si apareciera a la vista una vez iniciada la maniobra.

La DVA para usar en el diseño de caminos indivisos de dos-carriles debería determinarse sobre la base de la longitud necesaria para completar seguramente las maniobras normales de adelantamiento. La distancia visual se determina para un solo vehículo que se adelanta a un solo vehículo.

Para la determinación de las DVA mínimas suponemos:

- El vehículo adelantado (B) viaja a la VMM.
- El tiempo de percepción, evaluación de las posibilidades de adelantamiento, reacción y comienzo de la aceleración del vehículo que se adelanta (A) se estima en 4seg.
- Durante el período anterior se acepta que el vehículo que se adelanta (A) circula a la misma velocidad que el vehículo que tiene adelante circulando en sentido contrario (C)



- Durante el período anterior se acepta que, además de circular ambos vehículos (A y B) a la velocidad del que va a ser adelantado (VMM), lo hacen separados por una distancia  $d_0$ , en m
- El promedio de velocidad del vehículo que se adelanta (A), desde que inicia su desplazamiento hacia el carril izquierdo hasta que retoma el derecho, supera en 15 km/h al del vehículo adelantado (B)
- El carril izquierdo debe quedar libre en una longitud adicional  $d_3$  tal, que permita que un tercer vehículo (C) que se aproxima en sentido contrario a igual velocidad  $V_2$  que el vehículo que se adelanta (A), la recorra en el mismo tiempo que tarda este último en desplazarse al carril izquierdo, adelantar al vehículo más lento y retomar el carril derecho.

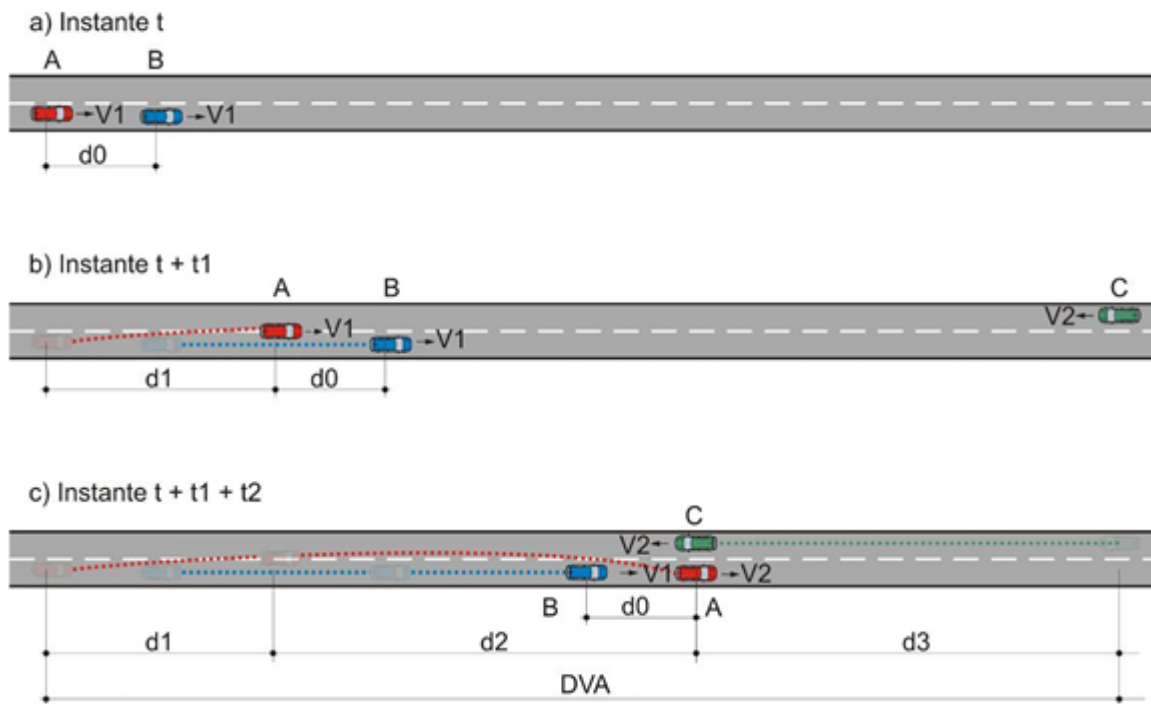


Imagen N°4.7: Distancia de sobrepaso

La DVA mínima para caminos indivisos de dos carriles se determina como la suma de tres distancias:

$$DVA = d_1 + d_2 + d_3$$

Las magnitudes que intervienen son:

$V_1$ : velocidad del vehículo que es adelantado (B) en [km/h] (VMM)

$d_0$ : distancia mínima entre vehículos que circulan en la misma dirección, en [m]

$V_2$ : velocidad del vehículo que se adelanta (A) en [km/h] (VMM + 15 km/h)

d1: distancia recorrida por el vehículo que se adelanta (A) durante el tiempo de percepción, decisión, reacción y comienzo de la maniobra de adelantamiento, en [m]

t1: tiempo que tarda el vehículo que se adelanta (A) en recorrer la distancia d1, en [seg]

d2: distancia recorrida por el vehículo que se adelanta (A) desde que se desplaza al carril izquierdo hasta que retoma el derecho, en [m]

t2: tiempo que tarda el vehículo que se adelanta (A) en recorrer la distancia d2, en [seg]

d3: distancia recorrida por un vehículo que circula en sentido contrario (C) al que se adelanta, en [m], durante el lapso t2

En la siguiente tabla se resumen los valores de DVA en función de la V, según Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial:

V	Velocidad del vehículo adelantado (B)	Velocidad del vehículo que se adelanta (A)	DVA
km/h	VMM km/h	VMM + 15 km/h	m
25	24	39	160
30	29	44	190
40	37	52	260
50	46	61	330
60	53	68	400
70	60	75	470
80	67	82	540
90	73	88	610
100	79	94	680
110	84	99	740
120	88	103	800

Imagen N°4.8: Distancia visual de adelantamiento

Cálculo de la DVA:

V1 = VMM (km/h)	$t_2 = \frac{2d_0 \times 3,6}{V_2 - V_1}$ (s)
V2 = VMM + 15 (km/h)	$d_1 = \frac{V_1 \times t_1}{3,6}$ (m)
$d_0 = 0,2 V_1 + 8$ (m)	$d_2 = \frac{V_2 \times t_2}{3,6}$ (m)
t1 = 4 segundos (s)	d3 = d2 (m)

$$V_1 = VMM = 67$$

$$V_2 = VMM + 15 = 82$$

$$d_0 = 0.2V_1 + 8 = 21,4$$

$$t1 = 4 \text{ seg}$$

$$t2 = \frac{2d0 \times 3,6}{V2 - V1} = \frac{2 \times 21.4 \times 3,6}{82 - 67} = 10.27$$

$$d1 = \frac{V1 \times t1}{3,6} = \frac{67 \times 4}{3,6} = 74.44$$

$$d2 = \frac{V2 \times t2}{3,6} = \frac{82 \times 10.27}{3,6} = 233.93$$

$$d3 = d2 = 233.93$$

$$DVA = d1 + d2 + d3$$

$$DVA = 74.44 + 2 \times 233.93 = 542.3 = 545 \text{ m}$$

Una vez calculadas las DVA y DVD procedemos a utilizarlas para calcular las longitudes de las curvas verticales a continuación en el inciso 4.3.1.

### 4.3. ALTIMETRÍA

Una vez realizada la planimetría (diseño geométrico), debemos buscar una armonía entre la traza recta y las ondulaciones del terreno natural, que en conjunto con los perfiles transversales, terminaremos de definir la traza de nuestro proyecto.

#### 4.3.1. CURVAS VERTICALES

La rasante está conformada normalmente por una serie de líneas rectas conectadas por curvas verticales. Las mismas pueden ser dos maneras: cóncavas o convexas. Estas curvas se componen de una parábola de eje vertical, generando un cambio gradual de la pendiente. Se adoptan parábolas porque la variación de la pendiente es constante, no cambia bruscamente.

La parábola cuadrática de eje vertical es el lugar geométrico de los puntos del plano que equidistan de un punto, foco F, y de una recta, directriz D. La distancia del foco F a la directriz D es el parámetro P, cuyo valor determina el tamaño de la parábola; cuanto mayor sea, más grande y extendida será la curva.

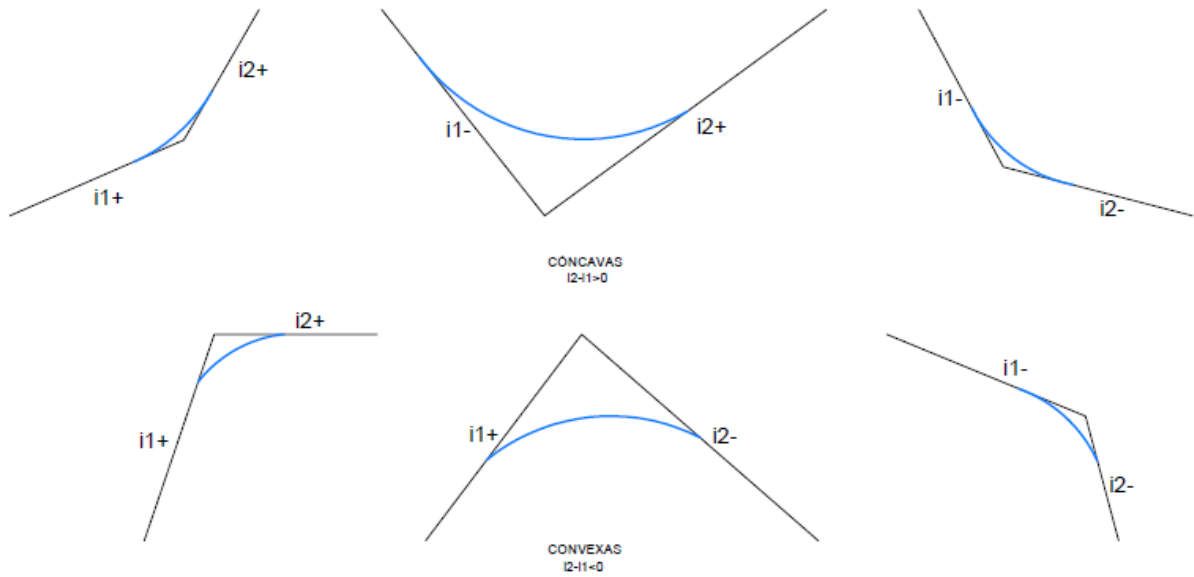


Imagen N°4.9 Curvas verticales

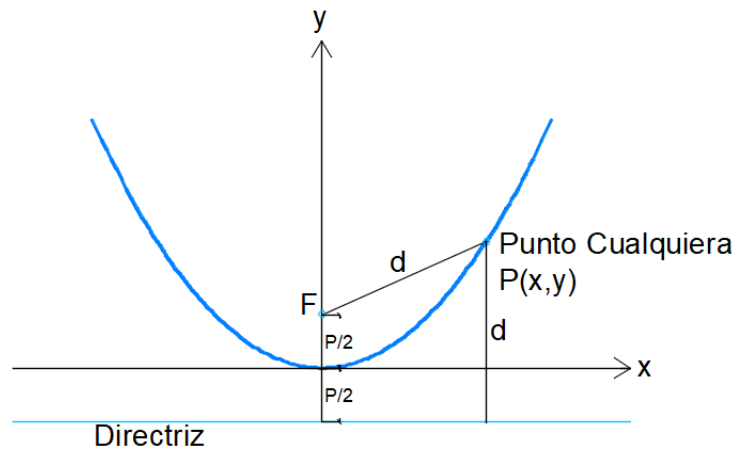


Imagen N°4.10: Elementos de parábola

#### 4.3.1.1. Elementos de la parábola:

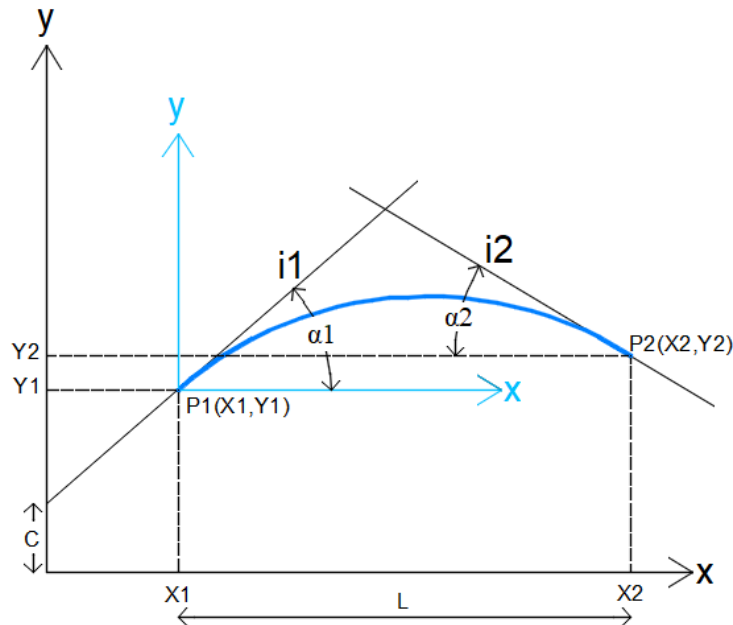


Imagen N°4.11: Elementos de parábola

$$P = \frac{1}{2a} = Rc$$

$$y = \frac{x^2}{2p}$$

$$a = \frac{tg\alpha_2 - tg\alpha_1}{2x(x_2 - x_1)} = \frac{i_2 - i_1}{200xL}$$

Donde L es la longitud de la parábola.

El parámetro P (m), para cierta velocidad directriz, es el parámetro o radio del círculo osculador en el vértice de una parábola de eje vertical que proporciona como mínimo la distancia visual hasta pendiente media  $\pm 2\%$ , necesaria para esa velocidad, cualquiera que sea la diferencia algebraica de pendientes. Consideramos el parámetro P igual al radio de la curva circular, Rc.

Para el cálculo de la longitud de la curva vertical, se debe tener en cuenta las distancias de visibilidad y frenado de los vehículos. Para ello consideramos:

- Altura del ojo del conductor:  $h_1=1,15$  m
- Altura faros delanteros:  $h_1=0,6$  m
- Altura objeto sobre la calzada:

- Operación diurna: **0,15m (normal)**
- Operación nocturna:  $h_2=0,6$  m (altura faros traseros)
- Altura vehículo = 1,3 m
- Ángulo del haz luminoso sobre el eje longitudinal  $\alpha = 1^\circ$

#### 4.3.1.2. CURVAS CONVEXAS

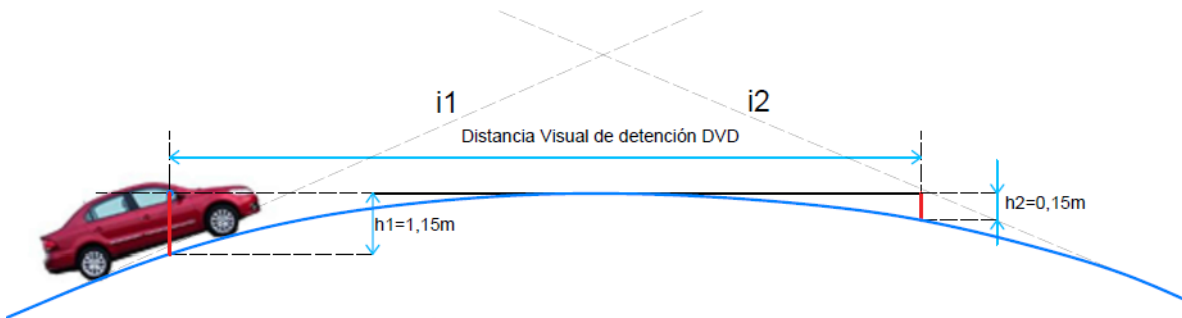


Imagen N°4.12: Distancia visual en curva vertical convexa

Para facilitar el cálculo, suponemos que la curva es una circunferencia y no una parábola, esto nos pone del lado de la seguridad:

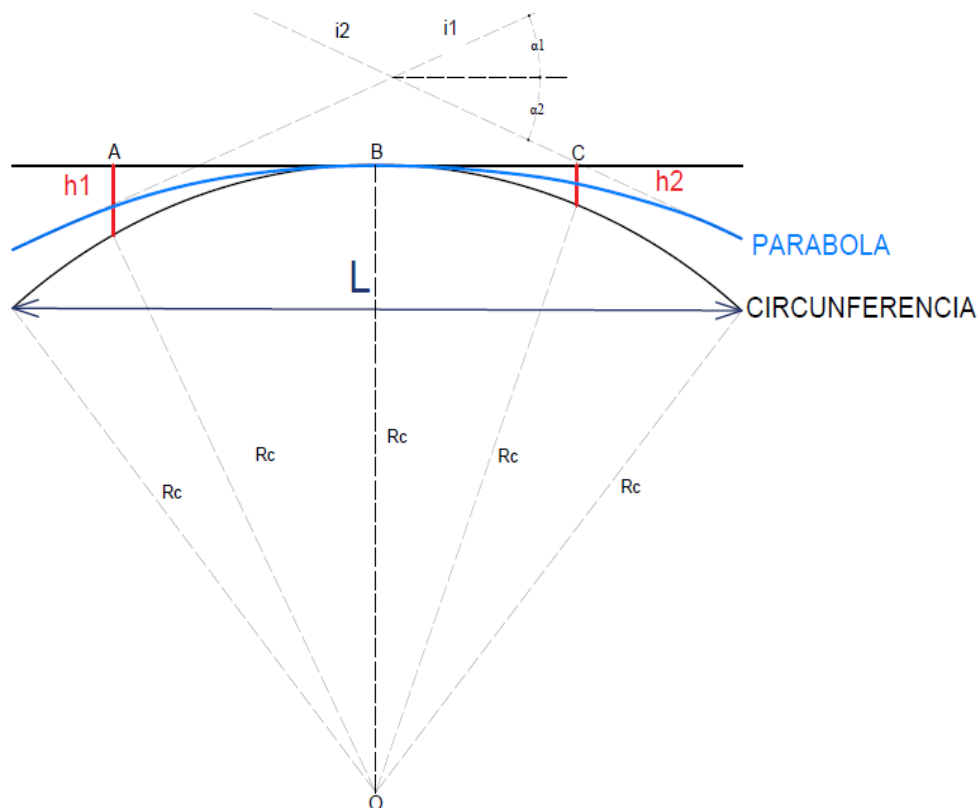


Imagen N°4.13: Curva vertical convexa

Para curvas convexas, el segmento ABC es tangente a la curva en B.

$$Rc^2 + \overline{AB}^2 = (Rc + h1)^2$$

$$Rc^2 + \overline{AB}^2 = Rc^2 + 2xRcxh1 + h1^2$$

Despreciamos  $h1^2$  por ser muy pequeño

$$\overline{AB} = \sqrt{2xRcxh1}$$

De la misma manera podemos escribir:

$$\overline{BC} = \sqrt{2xRcxh2}$$

Entonces:

$$DVD = \overline{AB} + \overline{BC} = \sqrt{2xRcxh1} + \sqrt{2xRcxh2} = \sqrt{2xRc}(\sqrt{h1} + \sqrt{h2})$$

Elevando todo al cuadrado, y despejando Rc:

$$Rc = \frac{DVD^2}{2(\sqrt{h1} + \sqrt{h2})^2}$$

Reemplazando  $h1=1.15m$ , y  $h2=0.15m$

$$Rc = \frac{DVD^2}{4,3}$$

Teniendo en cuenta que  $\Delta$  es el ángulo de deflexión, y que  $i1$ ,  $i2$  son las pendientes:

$$\Delta = \frac{i1 - i2}{100}$$

$$\Delta = \frac{L}{Rc}$$

$$\frac{i1 - i2}{100} = \frac{L}{Rc}$$

$$\frac{i1 - i2}{100} = \frac{L}{\frac{DVD^2}{4,3}}$$

Despejamos L= longitud mínima de curva la curva vertical convexa

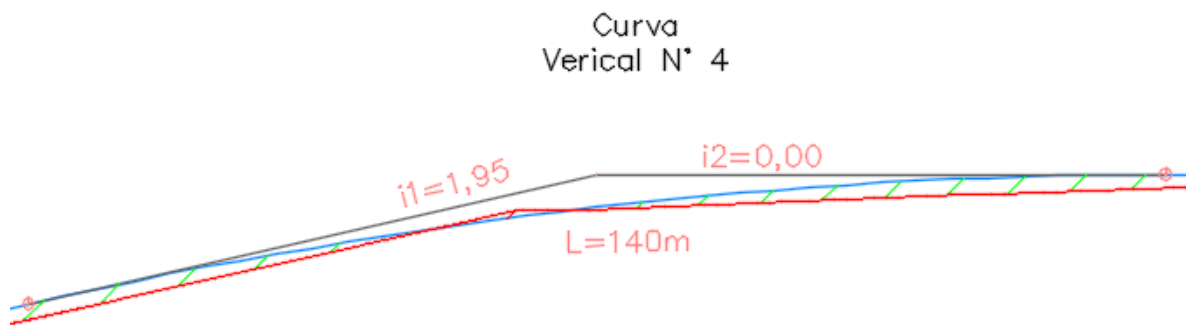
$$L = \frac{(i1 - i2)DVD^2}{430} = L_{min}$$

Como  $Rc = P$  (parámetro de la parábola), resulta:

$$L = P \frac{(i1 - i2)}{100}$$

$$P = \frac{100}{(i1 - i2)} L$$

Analizamos la Curva N°4, convexa:

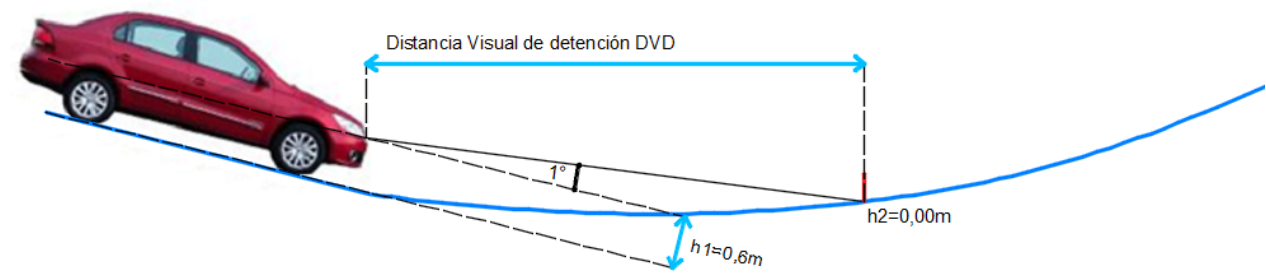


$$L_{min} = \frac{(i1 - i2)DVD^2}{430} = \frac{(1,95 - 0,00)152^2}{430} = 104,77$$

*Adoptamos  $L = 140m$*

#### 4.3.1.3. CURVAS CÓNCAVAS

Tenemos especial consideración en el comportamiento del tránsito nocturno, donde el objeto debe ser iluminado por los focos del vehículo.



*Imagen N°4.14: Distancia visual de detención en curva vertical*



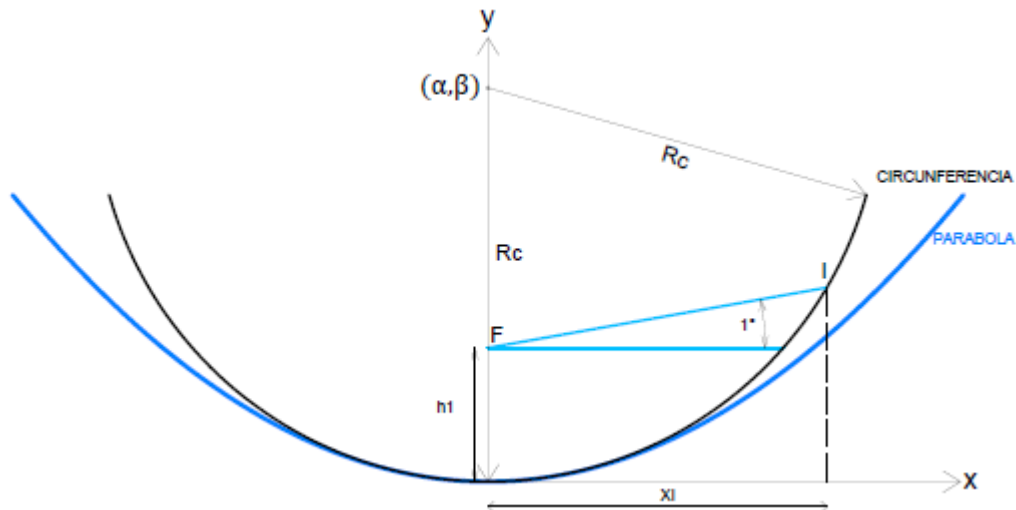


Imagen N°4.15: Curva Vertical Cóncava

F es la altura del foco del auto, el mismo ilumina con  $1^\circ$ .

La recta inclinada que va desde F hasta I tiene la siguiente expresión:

$$y = xtga + h1$$

$$tga = tg1^\circ = 0,0175$$

$$h1 = 0,6m$$

$$y = 0,0175x + 0.6$$

La ecuación de una circunferencia es:

$$(x - \alpha)^2 + (y - \beta)^2 = R^2$$

Donde  $\alpha$  y  $\beta$  son las coordenadas del centro de la circunferencia, R es el radio.

Para nuestra circunferencia  $\alpha = 0$  y  $\beta = R$

Reemplazamos:

$$x^2 + (y - R)^2 = R^2$$

El punto I pertenece a la recta y a la circunferencia, por lo tanto debe cumplir con las 2 ecuaciones.

Para el punto I:

$$x^2 + (y - R)^2 = R^2$$

$$XI^2 + (0,0175XI + 0,6 - R)^2 = R^2$$

Desarrollando el cuadrado y operando:

$$XI^2 + (0,0175XI + 0,6)^2 - 2(0,0175XI + 0,6)R + R^2 = R^2$$

Se desprecia por ser muy pequeño

$$XI^2 - 2(0,0175XI + 0,6)R = 0$$

$$XI^2 - (0,035XI + 1,2)R = 0$$

XI tiene que ser, como mínimo igual a la distancia visual de detención DVD.

$$DVD^2 - (0,035DVD + 1,2)R = 0$$

$$R = P = \frac{1}{2a}$$

P = parámetro de la parábola.

$$DVD^2 - (0,035DVD + 1,2)P = 0$$

Ecuación general de la parábola:

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = \underbrace{\frac{(i2 - i1)}{200L}}_a x^2 + \frac{i1}{100}x$$

$$a = \frac{i2 - i1}{200L}$$

Reemplazamos en P:

$$P = \frac{1}{2 \left( \frac{i2 - i1}{200L} \right)} = \frac{200L}{2(i2 - i1)} = \frac{100L}{i2 - i1}$$

$$DVD^2 = (0,035DVD + 1,2)P$$

$$DVD^2 = (0,035DVD + 1,2) \frac{100L}{i2 - i1}$$

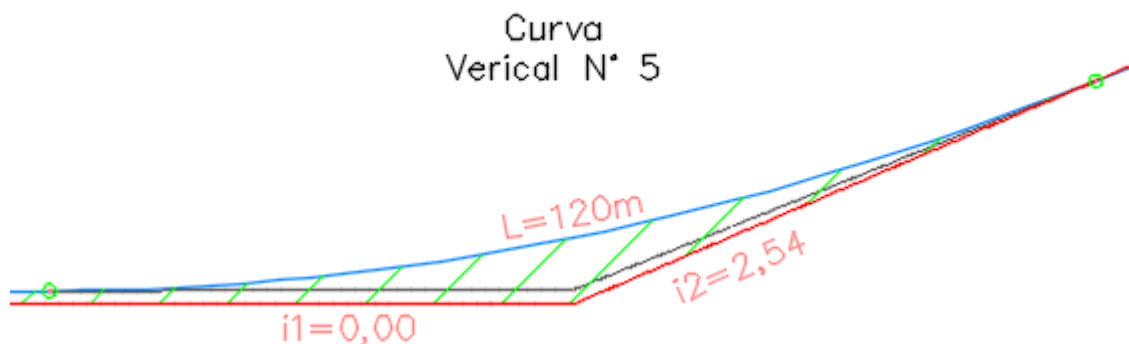
Despejando L:

$$L = \frac{DVD^2(i_2 - i_1)}{100(0,035DVD + 1,2)}$$

$$L_{min} = \frac{DVD^2(i_2 - i_1)}{3,5DVD + 120}$$

En el Anexo 1, Marco Teórico, se analizan una a una las curvas verticales, y también se verifican las longitudes mínimas de cada una, según corresponda cóncava, y convexa.

Aplicación de las fórmulas para determinar la Longitud de la curva N° 5, cóncava:



$$L_{min} = \frac{DVD^2(i_2 - i_1)}{3,5DVD + 120} = \frac{152^2(2,54 - 0,00)}{3,5 \times 152 + 120} = 90,01m$$

*Adoptamos L = 120m.*

## CAPÍTULO 5: ESTUDIO DE SUELO

Para el estudio de suelo de este proyecto trabajamos con datos existentes de un análisis de suelo realizado por la empresa FINCORR en diferentes pozos para la creación de la autopista circunvalación oeste. La razón de éste procedimiento se debió a que no fue posible presentarse a realizar los pertinentes estudios de suelo en laboratorios por estar en contexto de pandemia y es de público conocimiento que los mismos permanecieron cerrados para salvaguardar la salud de las personas.

Nuestro inicio de proyecto coincide con los pozos ubicados desde progresiva 13200 hasta 15060 de circunvalación oeste:

### Planilla de ensayo Granulométrico y Plasticidad

OBRA : CIRCUNVALACION OESTE

POZO N°	24	24	25	25	26	26	27	27
PROGRESIVA :	13.200	13.200	13.920	13.920	14.650	14.650	15.060	15.060
PROFUNDIDAD, Mts:	0,00 - 0,50	0,50 - 1,50	0,00 - 0,60	0,60 - 1,50	0,00 - 0,50	0,50 - 1,50	0,00 - 0,40	0,40 - 1,60
Tamices y Aberturas en ( mm )	PESOS (%)	PESOS (%)	PESOS (%)	PESOS (%)	PESOS (%)	PESOS (%)	PESOS (%)	PESOS (%)
2"	0	1266	0	138	0	414	0	1466
1 1/2"	100	9746	100	12867	100	16050	100	15062
1"	0	666	0	637	0	553	0	530
3/4"	100	3080	100	12170	100	15437	100	13532
1/2"	0	1422	0	1652	0	2108	0	2024
3/8"	100	7658	100	10518	100	13389	100	11508
N° 4	0	563	0	682	0	190	0	794
N° 200	100	7089	100	9836	100	11829	100	10714
Factor	1,00	5,12	1,00	7,41	8,19	6,83	1,00	7,57
N° 10	1,7	173,0	0,5	155	38	284,0	3,2	190,0
N° 40	98	3000	27,2	4451,16	34,2	5911	20,5	4506
N° 200	6,6	217,0	2,8	254	131	252,0	8,4	309,0
Factor	32	1889	17,2	2569,97	19,8	4839	10,0	2166
N° 10	12	169,0	18,7	173	357	171,0	29,2	222,0
N° 40	80	321	78,4	1288,69	79,9	1916	59	485
PESO SECO INICIAL (grs)	100	11.012	100	13.005	8.280	16.464	100	16.528

	LL	LP	LL	LP	LL	LP	LL	LP	LL	LP	LL	LP	LL	LP
PESA FILTRO N°	3	9			1	7								
P.F. + S.H = (a) grs	46,1	40,6			50,3	39,9								
P.F. + S.S. = (b) grs	40,8	38,7			46,2	38,3								
TARA PESA FILTRO = (c) grs	29	31,1			31,4	29,5								
AGUA = (a-b) = (d) grs	5,3	1,9			4,1	1,6								
SUELO SECO = (b-c) = (e) grs	11,8	7,6			14,9	8,8								
% DE HUMEDAD = (d/e) * 100 = (f)	44,9				27,7									
N° DE GOLPES	23				21									
FACTOR = K	1,011				1,023									
LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO	44,4	25,0			27,1	18,2								
INDICE PLÁSTICO = (LL - LP)	19,4		NO PLÁSTICO		8,9		NO PLÁSTICO		NO PLÁSTICO		NO PLÁSTICO		NO PLÁSTICO	
CLASIFICACION SEGUN H.R.B	A - 7 - 6 (13)		A - 1 - a		A - 4 (8)		A - 1 - a		A - 2 - 4		A - 1 - a		A - 4 (5)	

Imagen N°5.1: Estudios de suelos realizados en zona de proyecto

Según la clasificación de los suelos para subrasante HRB:

En el pozo 24 observamos que en los primeros 50cm de profundidad, tenemos un suelo tipo **A-7-6**, el cual es un suelo tipo arcilloso, con alto límite líquido, el mismo está sujeto a grandes cambios de volumen, por lo tanto, no podemos utilizarlo para fundar. Luego de los 50 cm de profundidad hasta el 1,50m tenemos un suelo tipo **A-1-a**, el mismo está

*Aramayo Clara Luz, Oulier Gustavo Adolfo*

constituido principalmente por fragmentos de roca o grava, el cual es un suelo excelente para fundar, sin más que decir, el óptimo.

En el pozo 25, en los primeros 60cm de muestra tenemos un suelo tipo **A-4 (8)**, el cual tiene un 75% de pasante del Tamiz N200. Es un suelo limoso, con buen aporte de material grueso **(8)**. Luego los siguientes 90cm, hasta llegar al 1,50m de profundidad, tenemos nuevamente el suelo **A-1-a**.

En el pozo 26, en los primeros 50cm tenemos un suelo tipo **A-2-4**, que tiene 23% de pasante de Tamiz N200, es decir, es un suelo granular, con la ventaja de ser **NO PLÁSTICO**, es un suelo bueno para fundar.

Por último, en el pozo 27, es similar al pozo 25, con suelo **A-4** en los primeros 40cm, y luego **A-1-a** hasta alcanzar una profundidad de 1,60m.

A cada pozo le corresponde un Valor Soporte CBR (California Bearing Ratio) del suelo:

#### Listado de Proctor´s

POZO N°	24	24	25	25	26	26	27	27
PROGRESIVA :	13.200	13.200	13.920	13.920	14.650	14.650	15.060	15.060
PROFUNDIDAD, Mts:	0,00 - 0,50	0,50 - 1,50	0,00 - 0,60	0,60 - 1,50	0,00 - 0,50	0,50 - 1,50	0,00 - 0,40	0,40 - 1,60
Ensayo de Valor Soporte del suelo	6,20%	158%	11,53%	152,27%	-	-	14,94%	183,55%

#### *Imagen N°5.2: Valor Soporte del Suelo CBR*

Consideramos también que a simple vista divisamos un buen suelo, muy estable, que supo ser en su momento lecho de río, por lo que posee bastante material granular, el cual es muy bueno para fundar. Posee además muy buena infiltración y se comporta de buena manera ante la humedad, es decir, no presenta hinchazón o pérdida de volumen frente a la presencia de agua. Analizando los 6 kilómetros por donde se emplaza el camino observamos que el tipo de suelo es constante y uniforme en todo el trazado, por lo que extrapolamos el estudio de suelos de nuestro inicio de ruta hacia el resto del proyecto.

Consideramos que el suelo tipo **A-1-a** que está presente en todos los pozos, si bien es el suelo óptimo para fundar, sería ilógico pensar que podríamos tenerlo a lo largo de todo el proyecto y en todo lugar, por lo tanto, decidimos adoptar conservadoramente el valor de **CBR 10** para el proyecto. Los ensayos especificados se encuentran en el Anexo 3: Análisis de suelo.

## 5.1. MOVIMIENTO DE SUELO

Luego de definir nuestra rasante con sus respectivas cotas podemos distinguir en qué lugares será necesario modificar el perfil natural del terreno, para ello entonces se deberá rebajar o elevar dichas cotas según sea necesario, este proceso requerirá de rellenar o excavar la cantidad necesaria de suelo para llegar a lo estipulado en el proyecto.

A la hora de definir la rasante a utilizar procuramos compensar la relación corte-terraplén, o excavación- relleno para poder utilizar las cantidades de tierra removidas de un determinado lugar como relleno en lugares donde sea necesario, este trabajo es definido como

*Aramayo Clara Luz, Oulier Gustavo Adolfo*

movimiento de suelo y representa un costo importante en una obra vial ya que se debe estimar los costos del transporte y en lo posible amortizar y reutilizar todos los acarrees de suelo.

### 5.1.2. Cálculo de la sección

- |                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| • (1) Calzada      | • (5) Talud          |
| • (2) Carril       | • (6) Cuneta         |
| • (3) Banquina     | • (7) Contratalud    |
| • (4) Coronamiento | • (8) Zona de Camino |

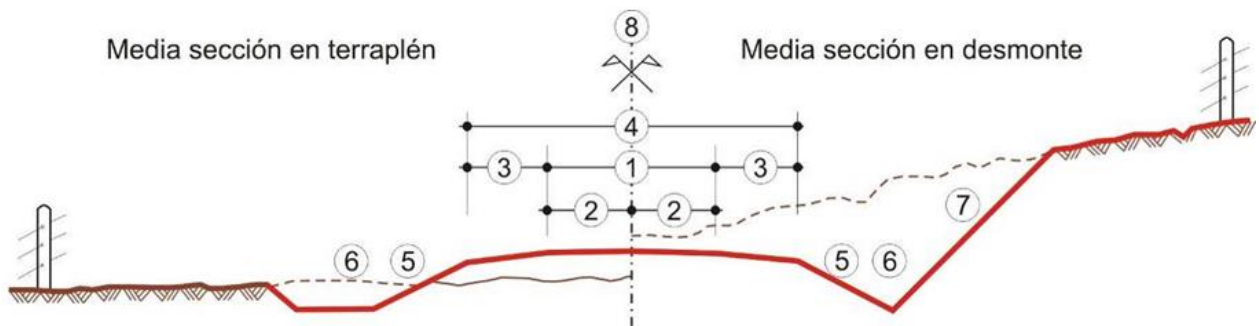


Imagen N°5.3: sección transversal de un camino de dos carriles indiviso

El cálculo del movimiento de suelo lo obtuvimos determinando las secciones del terraplén y corte o excavación en distintas progresivas, las cuales tomamos cada 100m por tener una topografía mayormente llana sin cambios bruscos en sus niveles. Luego de modelar el terreno natural gracias al relevamiento de puntos con estación total obtuvimos el perfil longitudinal del proyecto sobre el cual emplazamos la rasante que más factible nos resultó. Luego con estos parámetros determinamos las diferentes secciones transversales con una distancia entre ellas de 100m como fue mencionado anteriormente.

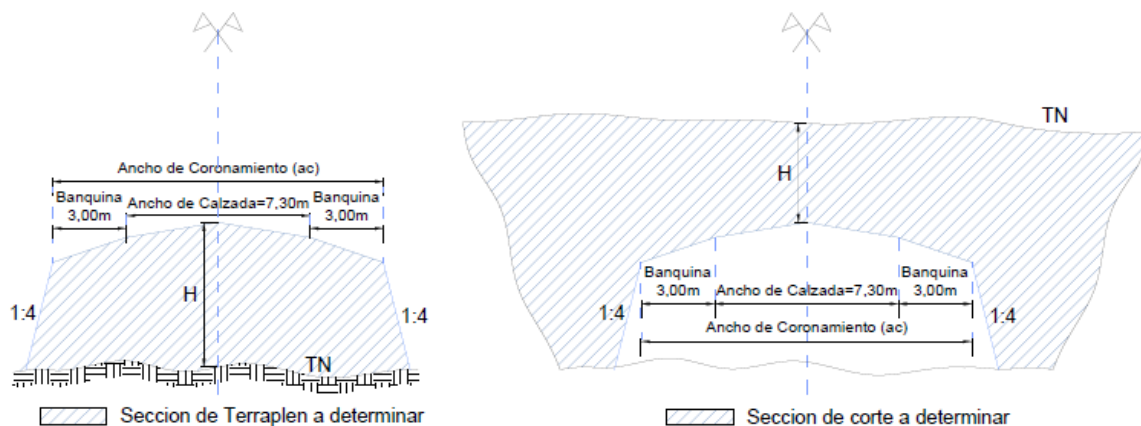


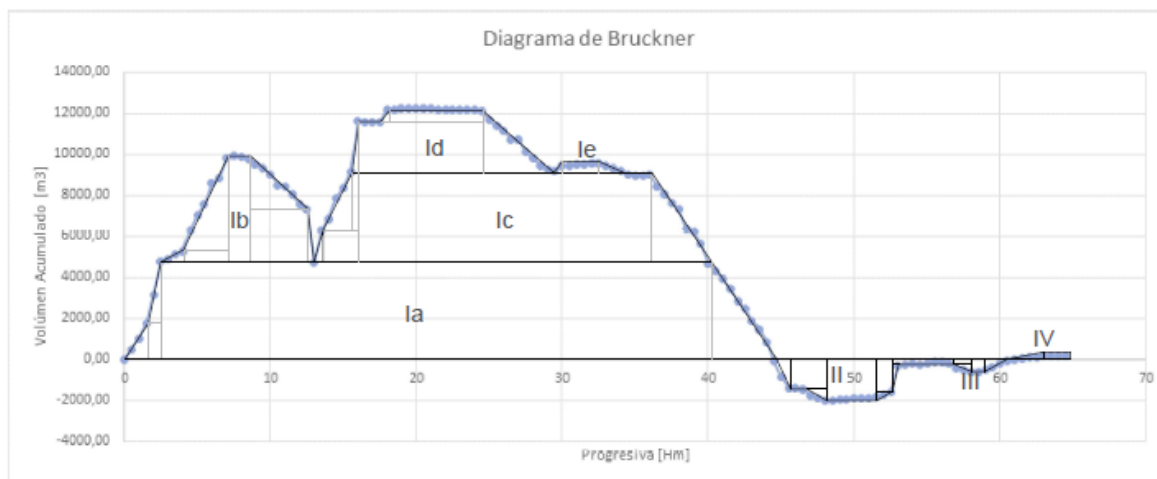
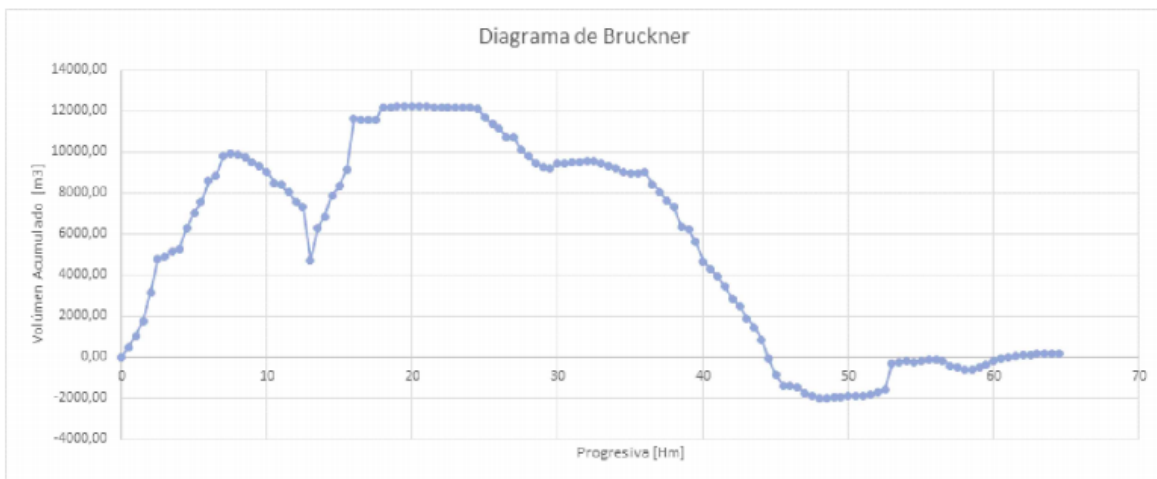
Imagen N°5.4: Secciones del camino

$$SecciónTerraplen = 4H^2 + (H - 0,10)ac - 1,6H + 0,16$$

$$SeccionCorte = H^2 + (H + 0,10ac) + 16,4H + 15,24$$

Con las diferentes secciones transversales del camino procedimos a elaborar un diagrama de Bruckner en donde se refleja a simple vista el balance que guarda nuestro proyecto respecto al corte y relleno de tierra, como también en él se pueden leer los volúmenes de tierra y determinar la cantidad y distancias de transporte; todo esto se refleja conjunta y detalladamente en el Anexo 2, Movimiento de Suelo.

### 5.1.3. Diagrama de Bruckner



CÁMARA	Ia				II	III	IV
	Ib	Ic	Id	Ie			
Momento de Transporte	195.399,97				19.771,42	1.942,85	914,28
Volúmen [m3]	38.514,28	111.571,41	34.428,57	2.144,28	1.999,99	571,43	285,71
Distancia Media de Transporte [hm]	41,48				9,88	3,39	3,20
	7,09	26,03	10,95	3,75			

Imagen N°5.5: Diagramas de Bruckner

El volumen transportado está en función del excedente de desmonte, razón por la cual nuestra rasante trata de guardar una correlación entre los volúmenes a excavar y volúmenes a rellenar. El transporte total es igual al producto del volumen transportado por la distancia total del transporte.

En nuestro proyecto intentamos llegar a un movimiento de suelo lo más equilibrado posible entre excavación y terraplén, ya que este ítem es muy significativo en una obra vial desde el punto de vista económico.

El volumen sobrante de nuestro proyecto es de  $204,97 m^3$ , lo cual es aceptable. Y al ser un suelo de excelente calidad se lo puede utilizar para otros proyectos, como ser el de mejorar algún suelo pobre. Cabe aclarar que no se tuvo en cuenta un coeficiente de esponjamiento para el análisis de movimiento de suelo, es decir que para este proyecto dicho coeficiente de esponjamiento es igual a 1.



## CAPÍTULO 6: DISEÑO DE PAVIMENTOS

### 6.1. Análisis del Tránsito

Para evaluar el TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL (TMDA) que solicitará nuestra ruta de proyecto RP 95, recurrimos a analizar en primer lugar el tránsito de las rutas que intersectan nuestro proyecto. Ellas son la Ruta Nacional N°51 y la Autopista Circunvalación Oeste

— T.M.D.A de RN 51 (año 2018): 4300

#### Tramos Ruta: 0051

Número	Distrito	Límites del Tramo	Inicio	Fin	TMDA	Detalle	Observaciones
5	Salta	ACC.AL AEROPEL AIBAL (I) - INTR.P.94	0	4,12	13200	<a href="#">ver</a>	Cobertura
5	Salta	INTR.P.94 - INTR.P.24 (I) (A CERRILLOS)	4,12	15,2	4300		Cobertura
5	Salta	INTR.P.24 (I) (A CERRILLOS) - CAMPO QUIJANO (ENT.)	15,2	16,77	5000	<a href="#">ver</a>	Cobertura
5	Salta	CAMPO QUIJANO (ENT.) - CAMPO QUIJANO (SAL.)	16,77	20,74			Area Urbana
5	Salta	CAMPO QUIJANO (SAL.) - EMPR.N.40 (I) (P.SUP)	20,74	142,25	491	<a href="#">ver</a>	Permanente
5	Salta	EMPR.N.40 (I) (P.SUP) - INTR.N.1V40 (D) (S.A.DE LOS COBRES)	142,25	155,09	360		Cobertura
5	Salta	INTR.N.1V40 (D) - EMPR.N.40 (F.SUP)	155,09	168,73	267		Cobertura

Imagen N°6.1: TMDA ruta nacional 51, año 2016

— T.M.D.A. de circunvalación oeste (año 2019): 9.143

Ruta	N° de Tramo	Denominación del Tramo	Progresiva de Inicio	Progresiva Final	Red	Tipo de Calzada	Progresiva Ubicación contador	TMDA 2009	TMDA 2014	TMDA 2016	TMDA 2017	TMDA 2019	Clasificación de Tránsito - Composición %					
													Año	Autos %	Bus %	Camión Liv. %	Camión con Acoplado %	Semi remolque %
S/N	1	Circunvalación Oeste	0	16.438	Primaria	Pavimentada	2.000	3494 [1]	-	-	-	-	2.009	96,00%	1,00%	2,00%	1,00%	
								3548 [2]	-	-	-	-	2.009	96,00%	-	3,00%	1,00%	
							3.100	-	-	17.575	-	-	2.017	97,36%	0,08%	2,29%	0,11%	0,26%
							3.185	-	-	14.115	-	-	2.016	97,49%	0,15%	2,15%	0,05%	0,16%
							3.200	-	8.950	-	-	-	2.014	96,23%	0,04%	3,43%	0,06%	0,23%
							5.000	3327 [1]	-	-	-	-	2.009	96,00%	1,00%	2,00%	1,00%	
								3693 [2]	-	-	-	-	2.009	95,00%	1,00%	3,00%	1,00%	
							5.683	-	-	13.272	-	-	2.016	96,25%	0,11%	2,99%	0,29%	0,25%
							8.000	2087 [1]	-	-	-	-	2.009	92,00%	1,00%	3,00%	4,00%	
								1923 [2]	-	-	-	-	2.009	92,00%	1,00%	4,00%	3,00%	
							12.000	-	5.605	-	-	-	2.014	92,23%	0,00%	5,56%	1,30%	0,90%
							12.750	-	-	7.400	-	-	2.016	95,09%	0,09%	3,30%	1,07%	0,44%
							16.300	-	-	-	-	-	9.143	2.019	94,75%	0,25%	3,61%	0,14%

Imagen N°6.2- TMDA Circunvalación oeste, progresiva 16.438 año 2019

Con los datos que nos provee la D.N.V. (Dirección Nacional de Vialidad) de T.M.D.A y junto con los que nos brindó la Dirección de Vialidad Provincial a partir de los censos realizados, se encuentra un tramo contabilizado entre el cual se encuentra nuestro proyecto. Entre los objetivos que plantea este trabajo, uno es descongestionar dicha vía, por eso se planea que por lo menos el 30% del tránsito de la RN 51 se desviaré por RP 95, y un porcentaje del tránsito de Circunvalación (20%) usará nuestra ruta proyectada, también teniendo en cuenta que la Ciudad de Salta cada vez se expande aún más hacia su periferia, ya que hay una gran demanda de viviendas y la población prefiere ir hacia zonas más alejadas

por la cantidad de oferta y precios relativamente más bajos que en otros lugares. Esto se puede comprobar por simple inspección, paralelo al proyecto aproximadamente a 150 metros se construyó una servidumbre para dar pie a un loteo, en intersección con RN 51 se observa otro con un avance mucho más notorio. Por todas estas razones se adopta el **T.M.D.A** de **3119**.

TMDA RUTA 51 para el año 2018						
Autos Y camionetas (LIV)	Bus BU1	SA1 (camiones sin acoplado)	CA1 (camiones con acoplado)	SE2		TMDA
90,5	0,7	5,7	0,6	2,5	100	4300
					30%	1290

TMDA CIRCUNVALACION OESTE para el año 2019						
Autos Y camionetas (LIV)	Bus BU1	SA1 (camiones sin acoplado)	CA1 (camiones con acoplado)	SE2		TMDA
94,75	0,25	3,61	0,14	1,25	100	9143
					20%	1829

TMDA Proyecto RP95

$$1.290 + 1.829 = 3.119$$

*Imagen N°6.3- TMDA de proyecto para Ruta Provincial 95*

## 6.2. Diseño del paquete estructural

Para calcular el paquete estructural utilizamos el Método SHELL.

La resistencia de la estructura (paquete estructural) frente a los esfuerzos de deformación, han sido encaradas desde dos puntos de vista:

- a. Resistencia decreciente de las capas de deformación
- b. Considerarlo como un sistema de capas superpuestas elásticas que apoyan en una masa semi-infinita, también elástica que es la subrasante.

Las capas son de rigidez decreciente.

## 6.3. Fundamentos del diseño

Las estructuras bien proyectadas se comportan elásticamente bajo las cargas dinámicas que el tránsito origina, y por consiguiente es posible aplicar la teoría de la elasticidad para sistemas de capa, con la finalidad de calcular la distribución de tensiones y deformaciones.

Se consideran 3 capas:

1. 1 capa o capas con ligantes de Cemento Asfáltico (CA)
2. 1 capa o capas granulares (no cementadas)
3. Suelo natural o subrasante

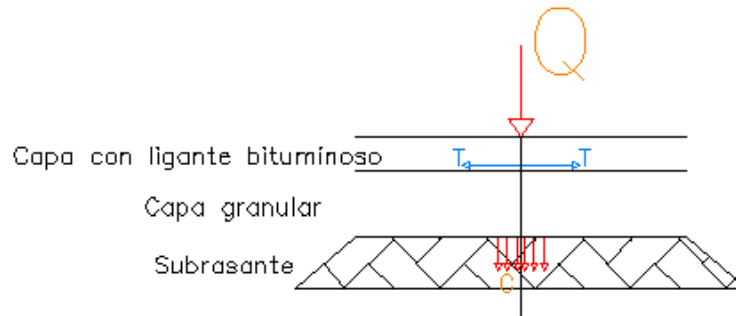


Imagen N°6.4: Esquema de tensiones sobre el asfalto

Podemos buscar el equilibrio entre el espesor de la capa bituminosa y el espesor granular en el siguiente gráfico:

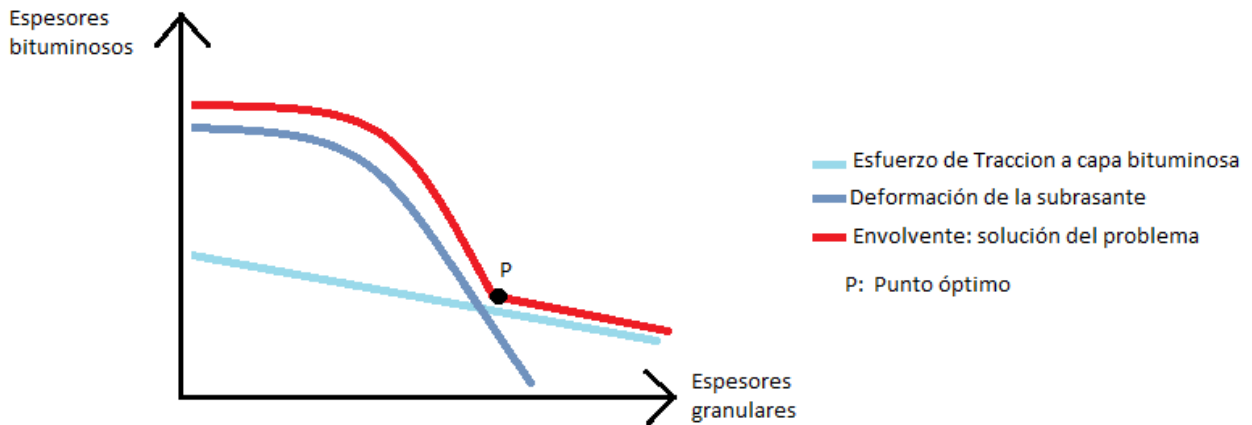


Imagen N°6.5: Curvas de diseño para sub-rasantes

En el mismo podemos apreciar que a medida que disminuye el espesor de la capa bituminosa, disminuyen las tensiones de tracción en la misma, y que a medida que aumenta el espesor de la capa granular, disminuye la deformación en la subrasante. Por lo tanto, si realizamos la envolvente de ambos diagramas, podemos encontrar el equilibrio entre deformación y tracciones en el paquete estructural. Toda combinación por encima de la envolvente será mejor desde el punto de vista técnico, pero mucho más caro (sobredimensionado), y toda combinación por debajo de la envolvente será subdimensionado, por lo tanto, buscaremos siempre estar sobre la línea envolvente, y, por sobre todo en el punto óptimo P.

## 6.4. Procedimiento de diseño

Decidimos diseñar el pavimento por 2 métodos: El Método Shell y el Método Aashto de '93 para luego realizar una comparación y llegar al paquete estructural óptimo.

### 6.4.1. Método SHELL

Consiste en 4 etapas:

- 1- Caracterización de la subrasante.

El cálculo se basa en el módulo elástico dinámico de la subrasante (E), el cual está en función del CBR (Valor soporte del suelo):

$$E = 100x CBR \frac{kg}{cm^2}$$

$$CBR = 10$$

$$E = 100x10 = 1000 \frac{kg}{cm^2}$$

## 2- Exigencias del tránsito:

Es de vital importancia la influencia de las cargas pesadas. Para el diseño se adopta el promedio del tránsito representado por el número N que equivale a repeticiones de cargas de ejes de 8.2 tn.

$$N = N^{\circ} \text{ ejes equivalentes por año } x g$$

N° de ejes equivalentes por año:

$$TMDA = 3119$$

g: Factor Sumatoria del Tránsito

$$g = \frac{(1 + b)^{n+1} - 1}{b} - 1$$

Donde:

b: Tasa de crecimiento anual 2%

n: Vida útil del pavimento en años: 20

$$g = \frac{(1 + 0,02)^{20+1} - 1}{0,02} - 1 = 24,78$$

$$N = 3119x 24,78 = 77288,82 = 7,7x10^4$$

Establecidos E y N, factores concernientes al suelo y al tránsito respectivamente, se recurre a los diagramas de diseño para determinar el espesor de la capa bituminosa y de la capa granular.

Interpolación logarítmica:

$$\log 7,7 = 0,88$$

En la planilla SHELL para CBR 10 medimos el ancho de banda entre  $10^4$  y  $10^5$ , el cual es de 1,5cm, y multiplicamos este valor por 0,88

$$1,5cm x 0,88 = 1,32cm$$

Trazamos la curva resultante a una distancia de 1,32cm de la curva de  $N=10^4$

MÉTODO SHELL '63  
 CURVAS DE DISEÑO PARA SUBRASANTES DE MÓDULO  $E=1.060 \text{ kg/cm}^2$  (Aprox CBR10)

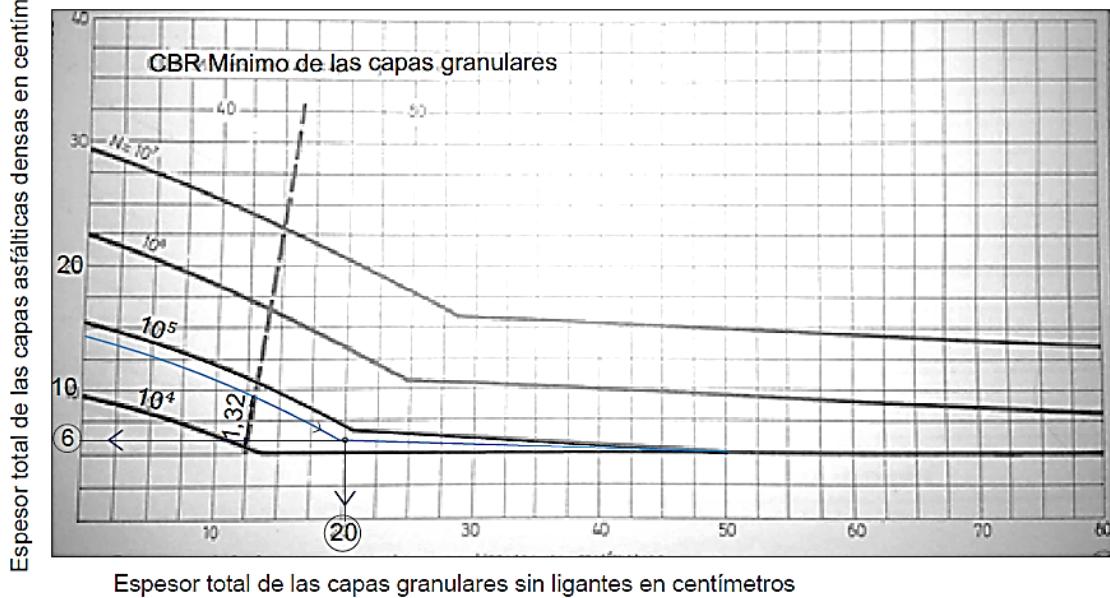


Imagen N°6.6: Curvas de Diseño para Subrasante con CBR 10

**ESPESOR CAPA BITUMINOSA: 6 cm**

**CAPA GRANULAR: 20cm**

Las cuales se dividirán en una base de 10cm y una sub base de 10cm como se especifica a continuación:

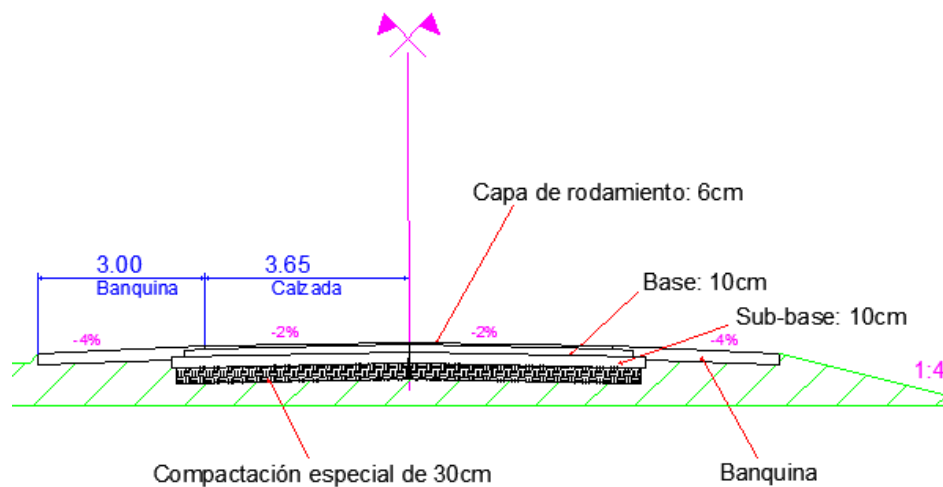


Imagen N°6.7: Paquete estructural (Método Shell)

### 6.4.2. Método AASHTO

El Método AASHTO 93', es empírico y se basa en pruebas monitoreadas sobre el impacto que generan los diferentes agentes sobre el pavimento.

La ecuación de diseño es:

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log \Delta PSI}{4,2 - 1,5} + 2,32 \log M_R - 8,07$$
$$0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}$$

Donde:

$W_{18}$  = Numero de aplicaciones de ejes equivalentes a 8,2 tn que solicitará al tramo durante el período de vida útil previsto

$Z_R$  = Abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada. Desviación estándar normal.

$S_0$  = Error estimado en la predicción del tránsito y de comportamiento.

$\Delta PSI$  = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño al final del período de estudio

$M_R$  = Módulo Resiliente de la subrasante

$SN$  = Es un número adimensional, representativo del espesor de todo el paquete estructural

#### Aplicación del método:

1. *Primer término de la ecuación*
  - Determinación del tránsito ( $W_{18}$ )

$$W_{18} = GF \times ESALS \times DD \times LD \times 365$$

- Factor de Crecimiento **GF**

$$GF = \frac{[(1 + g)^n - 1]}{g}$$

$n$  = Número de años del periodo considerado = 20 años

$g$  = Tasa de crecimiento para el tránsito = 2%

$$GF = \frac{[(1 + 0,02)^{20} - 1]}{0,02} = 24,29$$

- **ESALs (equivalent simple axial load):** Cantidad de ejes equivalentes que actuarán a lo largo de la vida útil proyectada. La conversión de una determinada carga por eje

a ESAL se hace a través de los factores equivalentes de carga LEF (load equivalent factor) Tablas adjuntadas en Anexo 4: Diseño de Pavimento.

Conversion de Pesos en Tn a Kips

1tn= 2,2046 kips

	tn	kips	N° de Ejes
S1=	6	13	SIMPLE
D1=	10,5	23	SIMPLE
D2=	18	40	TANDEM

Utilizando SN=5 e interpolando, encontramos los LEFi

SN=5		LEF1	0,88
		LEF2	2,95
		LEF3	2,09

2	12	1,2276	1,74	-1,402	SIMPLE LEF1
	13,2		X		X= 0,88
	14		0,338		

2	22	1,1483	2,35	1,05	SIMPLE LEF2
	23,1		X		X= 2,95
	24		3,4		

2	38	1,6828	1,73	0,43	TANDEM LEF3
	39,7		X		X= 2,09
	40		2,16		

RUTA PROVINCIAL 95							LEF		ESALS N° ejes Equivalentes
LIV	BU1	SA1	CA1	SE2	TMD	TMDA			
%	92,625	0,475	4,655	0,37	1,875		3119		
%	2888,60	14,81	145,17	11,54	58,47		3119		
S1	5777,21	14,81	145,17	11,54	58,47	6007,20	LEF1	0,88	5283,05
D1	0	14,81	145,17	34,62	58,47	253,07	LEF2	2,95	747,29
D2	0	0	0	0	58,47	58,47	LEF3	2,09	122,32
									6152,66

Imagen N°6.8: Planilla de cálculo de ESALs (Método Aashto 93')

$$ESALS = 6152,66$$

- Factor de distribución direccional **DD** adoptamos 0,5 considerando que el tránsito será igual en ambas direcciones
- Factor de distribución por trocha **LD** = 1

$$W_{18} = GF \times ESALS \times DD \times LD \times 365 = 24,29 \times 6152,66 \times 0,5 \times 1 \times 365 = 27274268,95$$

$$\log W_{18} = 7,436$$

2. Segundo término de la ecuación

- **ZR** Confiabilidad: es un parámetro que indica el grado de certeza con lo que el diseño de pavimento durará como mínimo el periodo de vida útil.

Una confiabilidad alta implica mayor costo inicial pero a su vez pasará más tiempo antes de que el pavimento necesite reparaciones, es decir, menor costo de mantenimiento.

Una confiabilidad baja brindará pavimentos más económicos pero mayor costo de mantenimiento.

Entonces existe un nivel de confiabilidad óptimo para el cual la suma de costos iniciales y de mantenimiento resulta mínima. De tablas:

Tipo de camino	Confiabilidad Recomendada	
	zona urbana	Zona Rural
Rutas Nacionales o Provinciales primarias	85-99,9	80-99,9
Rutas Provinciales Secundarias	80-99	75-99
Caminos vecinales	50-80	50-75

Confiabilidad	ZR
50	0
60	0,253
70	0,524
75	0,674
80	0,841
85	1,037
90	1,282
92	1,405
94	1,555
95	1,645
96	1,751
97	1,881
98	2,054
99	2,327

*Imagen N°6.9: Tablas de cálculos para ZR(Método Aashto)*

$$ZR = 1,037$$

- **S<sub>o</sub>** Desvío estándar: La desviación estándar es una medida de cuánto varían los datos con respecto al valor medio, así cuanto menor es el desvío, los datos están más próximos al promedio. Éste parámetro está ligado directamente con la confiabilidad y es representativo de las variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito.



Condición de Diseño (comportamiento del pavimento)	S <sub>0</sub>	
Sin errores	Pavimento Rígido	0,34
	Pavimento Flexible	0,44
Con errores	Pavimento Rígido	0,39
	Pavimento Flexible	0,49

Imagen N°6.10: Tablas de cálculos para S<sub>0</sub> (Método Aashto 93’)

$$S_0 = 0,49$$

- Determinación del Módulo Resiliente **MR**: es aquel que tiene el suelo luego de n ciclos de carga. Exhibe un comportamiento elástico donde la deformación plástica es nula, y se obtiene con la siguiente ecuación:

$$M_R = 1.500 \times CBR$$

$$M_R = 1.500 \times 10 = 15.000 \text{ psi}$$

- Determinación de **ΔPSI**: La serviciabilidad es la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cuál ha sido diseñado el pavimento  
 En el diseño se debe seleccionar una serviciabilidad inicial P<sub>0</sub> y la serviciabilidad final P<sub>f</sub>. Aashto recomienda para el diseño de pavimentos nuevos P<sub>0</sub> = 4,2 y P<sub>f</sub> = 2,5.

$$\Delta PSI = P_0 - P_f = 1,7$$

Finalmente, reemplazamos todos los valores en el segundo término de la ecuación general:

$$\begin{aligned}
 Z_R S_0 + 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log \Delta PSI}{4,2 - 1,5} + 2,32 \log M_R - 8,07 \\
 0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}} \\
 = 1,037 \times 0,49 + 9,36 \log(3,04 + 1) - 0,20 + \frac{\log 1,7}{4,2 - 1,5} \\
 0,40 + \frac{1094}{(3,04 + 1)^{5,19}} \\
 + 2,32 \log 15.000 - 8,07 = \mathbf{7,432}
 \end{aligned}$$

Luego de varias iteraciones, llegamos a cumplir con la igualdad:

$$7,436 = 7,432$$

Lo cual verifica con una aproximación suficiente de dos decimales.

1° TERMINO		2° TERMINO	
W18	27274268,95	SN necesario	3,04
GF	24,29	ZR	1,037
ESALS	6152,66	S0	0,49
DD	0,5	MR	15000
LD	1	ΔPSI	1,7
LogW18	7,436	=	7,432

Imagen N°6.11: Tablas de cálculo de SNnecesario (Método Aashto '93)

### 6.4.2.1 Dimensionamiento de las capas del paquete estructural

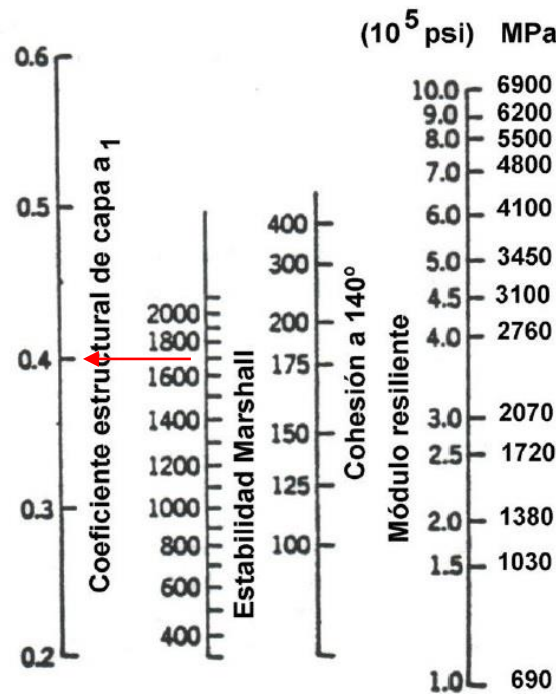
Denominamos  $SN_{proy}$  a:

$$SN_{proy} = a_1 x D_1 + a_2 x m_2 x D_2 + a_3 x m_3 x D_3 \geq SN_{nec}$$

Donde:

$a_i$  Coeficientes de aporte estructural o de capa: se determina de la siguiente manera, en base a los ábacos de AASHTO '93

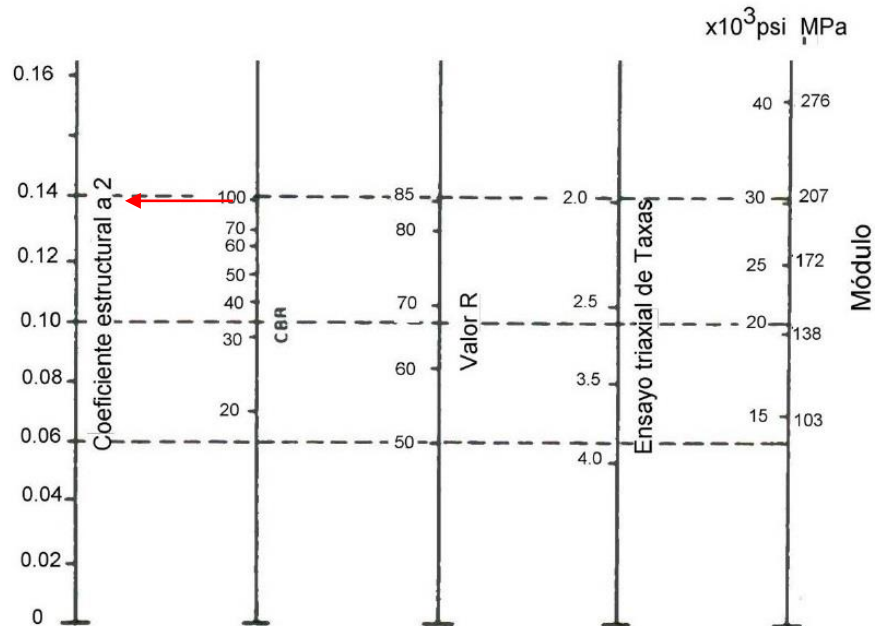
- $a_1$  es el coeficiente que corresponde con la capa de cemento asfáltico, el mismo se determina para una Estabilidad Marshall mínima de 1600



Coeficientes estructurales para capas asfálticas relacionados con varios ensayos

Adoptamos  $a_1 = 0,4 \frac{1}{\text{pulg}} = 0,157 \frac{1}{\text{cm}}$

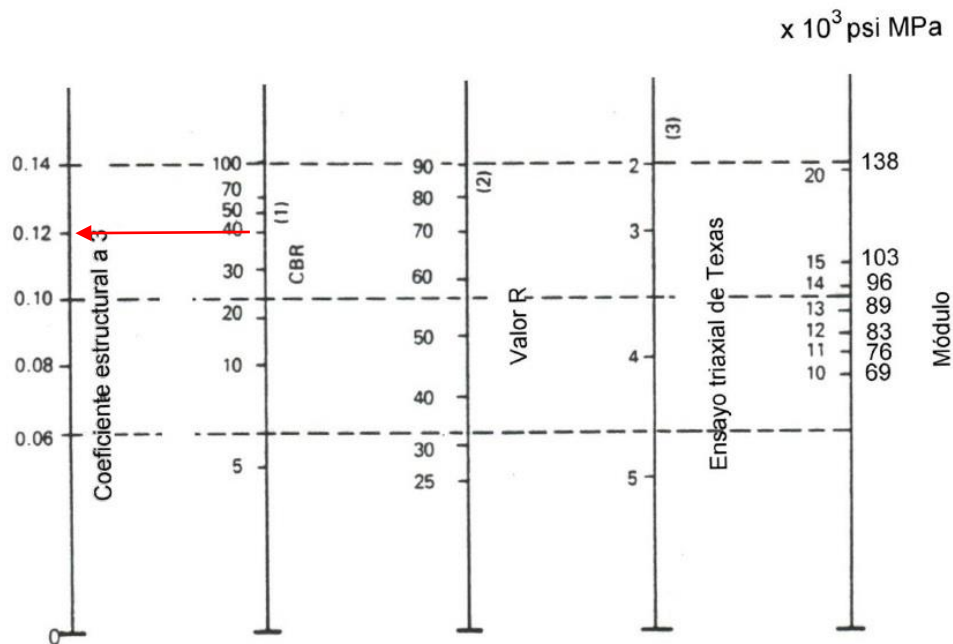
- $a_2$  es el coeficiente que corresponde con la Base Granular, cuya exigencia es de un  $CBR \geq 80\%$



Relación entre el coeficiente estructural para base granular y distintos parámetros resistentes.

Adoptamos  $a_2 = 0,14 \frac{1}{\text{pulg}} = 0,055 \frac{1}{\text{cm}}$

- $a_3$  corresponde con el coeficiente de la Sub Base Granular, con una exigencia de  $CBR \geq 40\%$



Relación entre el coeficiente estructural para subbase granular y distintos parámetros resistentes.

$$\text{Adoptamos } a_3 = 0,12 \frac{1}{\text{pulg}} = 0,048 \frac{1}{\text{cm}}$$

$m_1$  y  $m_2$  son coeficientes de drenaje de cada capa

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy pobre	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

Imagen N°5.12: Coeficientes de Drenaje (Método Aashto '93)

Tomamos conservadoramente  $m_1 = m_2 = m_3 = 1.00$ , ya que nuestro estudio de suelo utilizado se aproxima a una zona aleadaña a nuestro proyecto, decidimos tomar un coeficiente que nos brinde seguridad para prevenir cualquier variación de suelo o drenaje particular que pueda presentarse en algún punto de nuestra traza elegida.

$D_i$  son espesores adoptados para cada capa, en cm.

Una vez determinado  $a_i$  y  $m_i$  calculamos los espesores de cada capa por el criterio de los espesores mínimos.

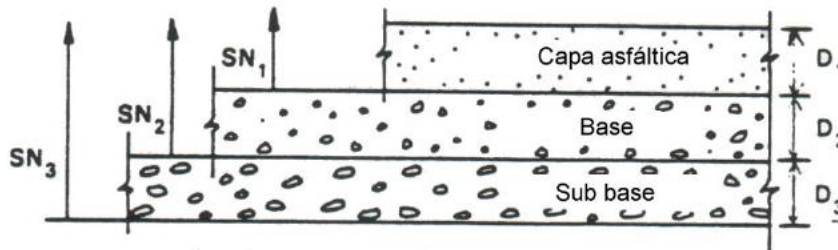


Imagen N°6.13: Esquema de Capas Estructurales

Resolviendo la formula general, se pueden determinar los números estructurales requeridos para proteger cada capa no tratada reemplazando el módulo resiliente de la subrasante por el módulo resiliente de la capa que está inmediatamente abajo. Así para determinar el espesor D1 de la capa de concreto asfáltico se supone un MR igual al de la base y así se obtiene el SN1 que debe ser absorbido por el concreto asfáltico. El espesor D1 debe ser:

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{1,325}{0,157} = 8,44 \text{ adoptamos } 9 \text{ cm}$$

$$D_1^* = 9\text{cm}$$

$$SN_1^* = a_1 \times D_1^* = 0,157 \times 9 = 1,413 \geq SN_1 = 1,325$$

Luego calculamos D2:

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \times m_2} = \frac{1,77 - 1,413}{0,055 \times 1} = 6,49 \text{ adoptamos } 15\text{cm}$$

$$D_2^* = 15\text{cm}$$

$$SN_2^* = a_2 \times m_2 \times D_2^* = 0,825$$

Por último, para la Sub-base adoptamos el MR que corresponde a la sub-rasante

$$D_3 \geq \frac{SN - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 \times m_3} = \frac{3,04 - (1,413 + 0,825)}{0,047 \times 1} = 17,06\text{cm adoptamos } 20\text{cm}$$

$$D_3^* = 20\text{cm}$$

$$SN_3^* = a_3 \times m_3 \times D_3^* = 0,94$$

Verificación Final:

$$SN_{\text{proyecto}} \geq SN_{\text{necesario}}$$

$$SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* \geq SN_{\text{necesario}}$$

$$1,325 + 0,825 + 0,94 \geq SN_{\text{necesario}}$$

$$3,178 \geq 3,05$$

Si verifica. Con este criterio cada capa del paquete estructural resulta protegida.

Cuadro resumen del Método:

Capas	C.A 1	Base 2	Sub Base 3	Sub Rasante
<i>ai</i>	0,157	0,055	0,047	-
<i>mi</i>	1	1	1	-
<i>CBR</i>	-	80	40	10
<i>SNi</i>	1,325	1,77		-
<i>Di</i>	8,44	6,49	17,06	-
<i>Di*</i>	9	15	20	-
<i>SNi*</i>	1,413	0,825	0,94	-
Verificación		3,178	≥SN=	3,05

Imagen N°6.14: Cuadro resumen de cálculo de espesores de Capa

1° TERMINO		2° TERMINO		2° TERMINO		2° TERMINO	
W18	27274268,95	SN1	1,325	SN2	1,77	SN	3,04
GF	24,29	ZR	1,037	ZR	1,037	ZR	1,037
ESALS	6152,66	S0	0,49	S0	0,49	S0	0,49
DD	0,5	MR2	120000	MR3	60000	MR	15000
LD	1	ΔPSI	1,7	ΔPSI	1,7	ΔPSI	1,7
LogW18	7,436	=	7,437	=	7,431	=	7,432

Imagen N°6.15: Cálculo de los SNi

Los valores del paquete estructural mediante el *Método AASHTO '93* son:

- Capa asfáltica: 9 cm
- Base granular: 15cm
- Sub-base: 20 cm

### 6.5 Paquete estructural

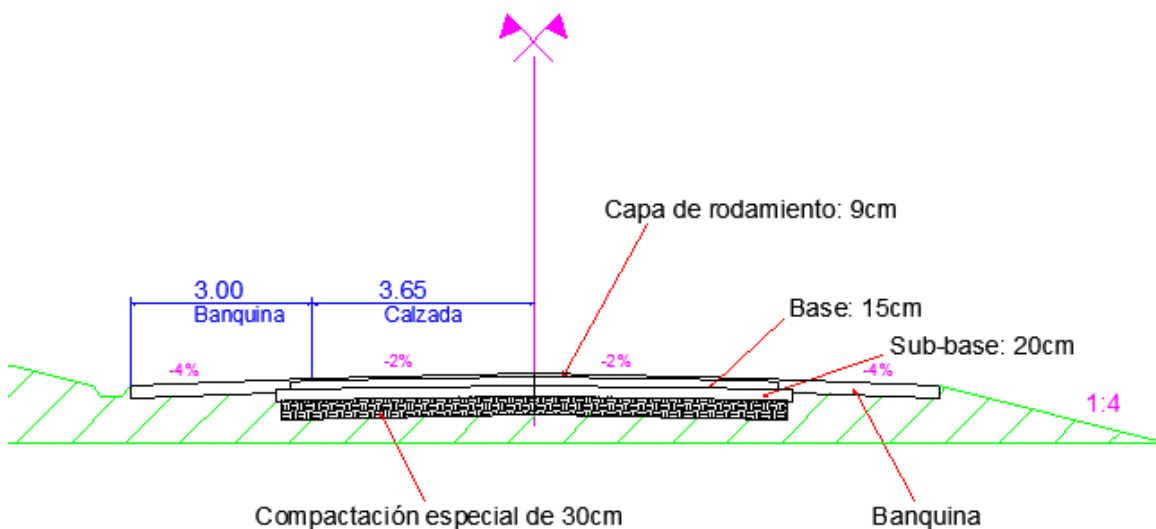


Imagen N°6.16: Paquete estructural (*Método Aashto '93'*)

Concluimos en utilizar el Paquete estructural obtenido por el *Método Aashto* debido a que la carpeta asfáltica resultante es de 9cm, comparada con la obtenida por *SHELL* de 6cm, ya que también consideramos que el *Método Aashto '93* es más confiable, ya que tiene en cuenta los efectos de serviciabilidad, drenaje, etc.

## CAPÍTULO 7: INTERSECCIONES

### 7.1. Intersecciones

Las intersecciones son áreas de uso compartido donde dos más caminos se encuentran o cruzan. Incluyen calzadas y zonas laterales. Para evitar los choques se separan las trayectorias de los movimientos:

#### **Separación temporal (intersecciones a nivel) mediante:**

- *Reglas fijas de prioridad* (ej. prioridad a la derecha)
- *Señalización de prioridad (Ceda o Pare)* para una de las dos trayectorias. Fuera de zonas urbanas, este ordenamiento de la circulación da buenos resultados mientras los volúmenes horarios de tránsito no sean elevados.
- *Semáforos*. En las zonas urbanas puede utilizarse un ordenamiento de prioridades alternadas para las trayectorias mediante semáforos, el cual permite múltiples combinaciones de fases. Los semáforos no son convenientes en zonas rurales, porque son poco habituales y su presencia inesperada puede constituir un peligro.

#### **Separación espacial (intersecciones a distinto nivel):**

- *Separaciones de nivel*. Cruce puro, sin ramas de conexión
- *Distribuidores*. Proveen capacidad muy superior a las intersecciones a nivel, al eliminarse las detenciones en el cruce principal. La comodidad y seguridad de circulación son mayores al desaparecer la necesidad de estar atento a los demás vehículos y al disminuir posibilidad de un choque lateral. Su inconveniente principal es el costo de la estructura y de las modificaciones del perfil longitudinal para materializar el desnivel.

Cada camino que se irradia desde la intersección es un ramal. Por ejemplo, la intersección común de dos caminos tiene cuatro ramales. Las intersecciones son parte esencial de una red vial; en ellas el usuario puede cambiar de dirección para seguir el camino que desea. Una adecuada disposición de los tramos de la red y de sus intersecciones permitirá atender a un máximo de itinerarios con un número mínimo de elementos, con comodidad y seguridad.

### 7.2. INTERSECCIONES A NIVEL

Tipos básicos:

- De tres ramales en T o en Y
- De cuatro ramales en X
- Multirramales:

- Rotondas: los vehículos entran en una calzada anular siguiendo la regla general de ceder el paso a los que circulan por el anillo. El número de ramales varía entre tres y cinco.

### 7.3. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ELECCIÓN DEL TIPO DE INTERSECCIÓN

Factores que determinan el tipo y características de una intersección son:

- Tránsito
- Entorno físico
- Factores económicos
- Factores humanos

#### Tránsito

- *Volumen*: el volumen de tránsito de cada ramal que entra en la intersección es el factor fundamental que determina la elección del tipo de intersección.
- *Distribución*: la forma en la que el tránsito se distribuye, también interviene en la elección del tipo de intersección:
  - *Tránsito directo*: continúa por la prolongación de la vía de llegada luego de pasar por la intersección.
  - *Tránsito de intercambio*: continúa por una vía que no es prolongación de la que se utilizó para llegar a la intersección.
- *Otras características* del tránsito de cada ramal:
  - *Composición* (porcentaje de livianos, pesados)
  - *Velocidad*
  - *Movimientos* de peatones o de ciclistas

#### Entorno físico

- Topografía
- Jerarquía de las rutas que se interceptan
- Ángulo de intersección
- Uso y disponibilidad del suelo
- Distancias visuales

#### Factores económicos

- Costo de construcción
- Costo del terreno necesario
- Costo de operación de los usuarios del cruce
- Costo de accidentes

Para bajos volúmenes de tránsito, la probabilidad de accidentes es baja y el incremento de los costos de operación por demoras en el cruce también es bajo, por lo que

---

*Aramayo Clara Luz, Oulier Gustavo Adolfo*



posiblemente no se justifique construir obras de arte costosas. A medida que el tránsito aumenta, se incrementa la probabilidad de accidentes y las demoras en el cruce.

### Factores humanos

- Hábitos de manejo de los conductores
- Tiempos de percepción y reacción
- Capacidad para tomar decisiones
- El efecto que produce la sorpresa

La consideración de estos factores y la selección de los dispositivos de control de tránsito adecuados limitarán las opciones para la elección final. Según la sana práctica de diseño se elige el tipo de intersección más barato que provee la mayor efectividad de costo.

En función de los TMDA de los caminos que se interceptan, la Figura 5.2 orienta la selección del tipo de intersección (Fuente: IHT, Inglaterra).

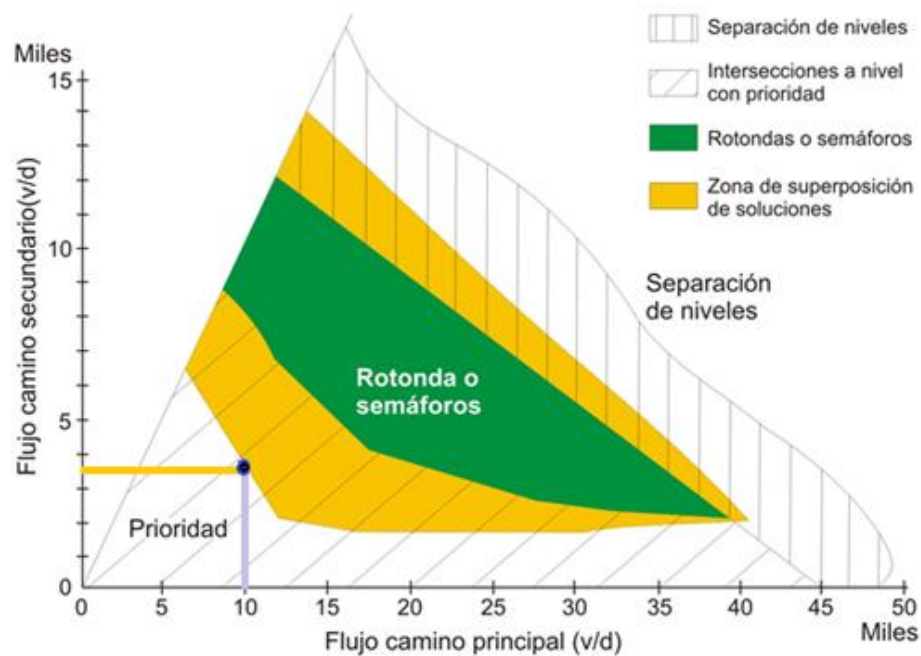


Imagen N°7.1: Tipo de intersección basado en flujos de tránsito

La Figura permite seleccionar el tipo de intersección a nivel según los TMDA de ambos caminos (Fuente: *Highway Geometric Design Guide*, Alberta Transportation, Canadá). Las categorías previstas son:

- **Tipo I: con curvas simples, sin abocinamientos**
- **Tipo II: con curvas simples o de tres centros, con abocinamientos**

- **Tipo III: ídem II, ensanchadas (con carriles auxiliares para giros)**
- **Tipo IV: canalizada, con isletas y carriles auxiliares para giros.**

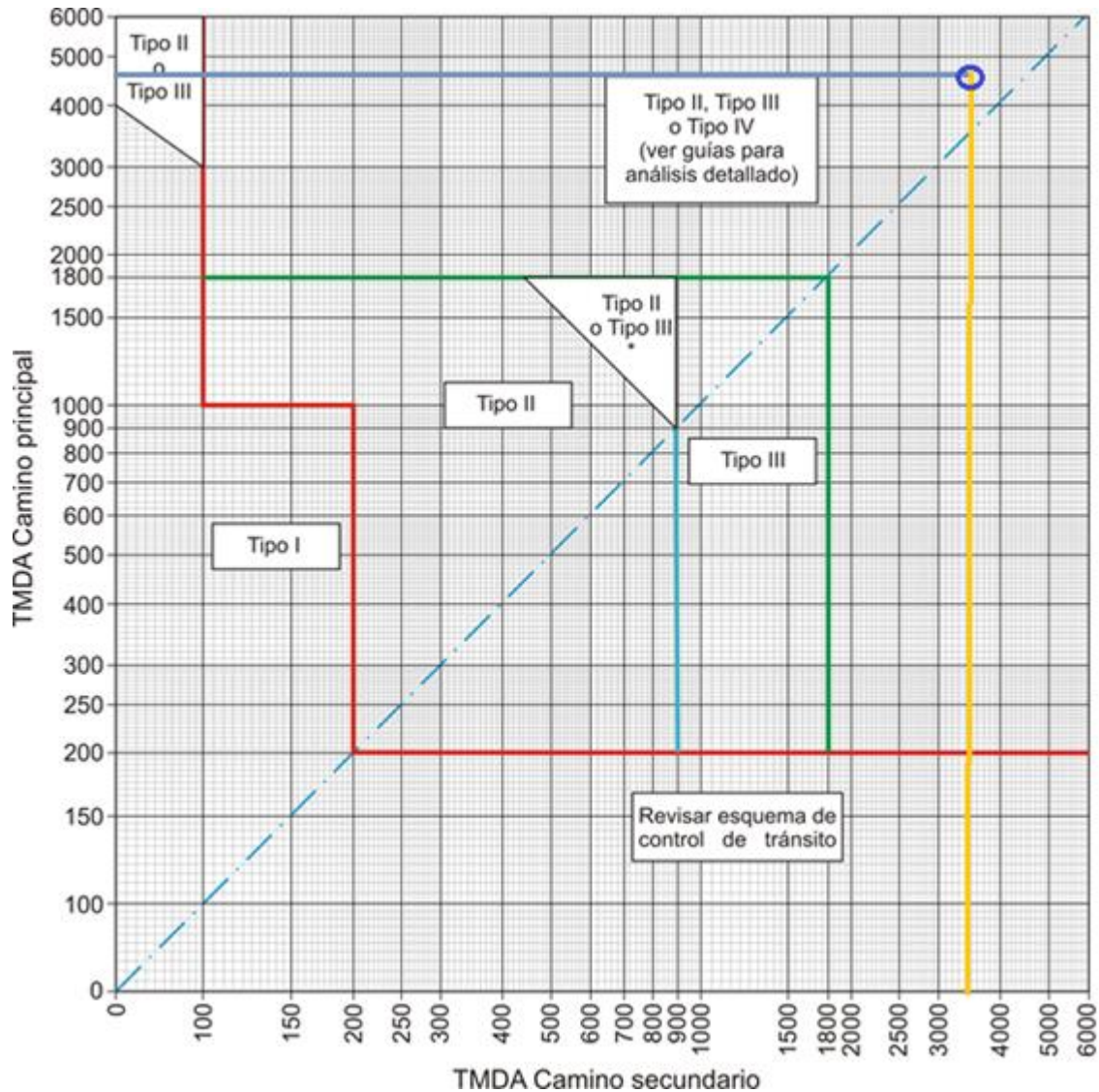
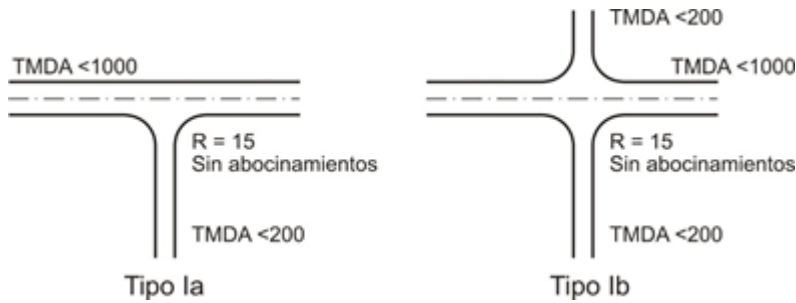


Imagen N°7.2: Selección del tipo de intersección a nivel en caminos de dos carriles y dos sentidos, basada en flujos de tránsito (velocidad directriz  $\geq 90$  km/h)

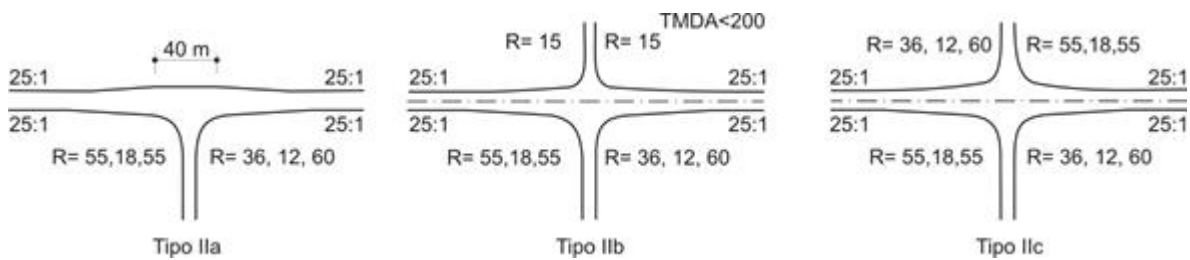
Recomendaciones de la Norma:

- Utilizar los volúmenes horarios proyectados al año de proyecto.
- Para volúmenes de tránsito de los tipos II a IV pueden convenir las rotondas.

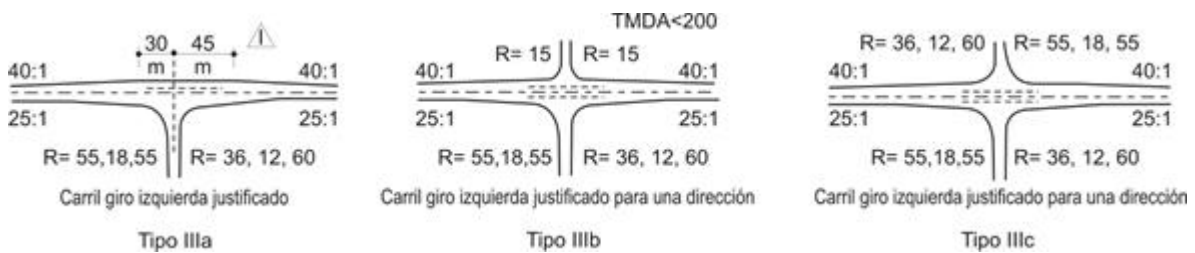
- Tipo I: con curvas simples, sin abocinamientos



- Tipo II: con curvas simples o de tres centros, con abocinamientos



- Tipo III: ídem II, ensanchadas (con carriles auxiliares para giros)



- Tipo IV: canalizada, con isletas y carriles auxiliares para giros

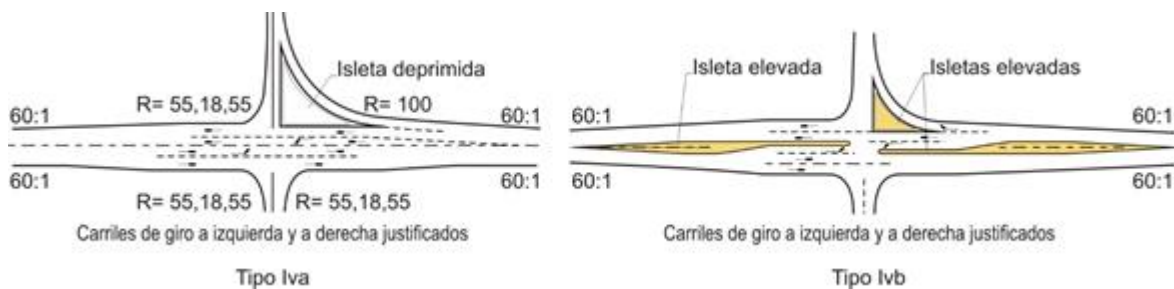


Imagen N°7.3: Tipos de intersección a nivel en caminos bidireccionales de dos carriles (velocidad directriz  $\geq 90$  km/h). DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial

Para nuestro proyecto decidimos aplicar un cruce tipo llc en la intersección con ruta provincial N°86S, mientras que en la intersección con ruta nacional N°51 sería factible adoptar también un cruce tipo lvb, el cuál a su vez puede ser reemplazado por una rotonda moderna, para reducir puntos críticos en donde son posibles los impactos entre vehículos.

## 7.4. PRINCIPIOS DE DISEÑO

### 7.4.1. El funcionamiento desde el punto de vista del conductor

El diseño de la intersección y su señalización de orientación deben dirigirse a conductores inexpertos y no familiarizados con ella. Deben prevalecer los siguientes criterios:

- *Sencillez*: todos los movimientos permitidos deben resultar fáciles y evidentes; mientras que los prohibidos o no deseados deben ser difíciles de realizar. Evitar diseños complejos que requieran decisiones complicadas por parte de los conductores, o la dispersión de su atención entre varios puntos de conflicto a la vez.
- *Uniformidad*: la mayoría de los conductores tienden a una rutina, y no concentran suficientemente su atención en la conducción. Ante situaciones o entornos similares, buscarán instintivamente soluciones basadas en su experiencia anterior. Mientras que un conductor que efectúa todos los días el mismo recorrido está tan familiarizado con él que no lo afectan diferencias sustanciales entre las intersecciones que encuentra a lo largo del camino, un usuario ocasional puede confundirse ante situaciones desconcertantes como:
  - Serie de intersecciones provistas con un carril de espera para girar a la izquierda, entre las que se intercala otra en la que se ha previsto una rama semidirecta (salida por la derecha y posterior giro a la izquierda).
  - Una serie de distribuidores con una sola salida por la derecha, situada delante de un paso superior (puente para paso del camino transversal sobre la autopista), entre las que se intercalan otros con una salida detrás del puente, o con más de una salida, o con una salida por la izquierda.

La ordenación de la circulación y, especialmente la señalización vertical de orientación, deben tenerse en cuenta desde el principio del diseño, y no simplemente añadidas al final. En este punto se nos presentó como alternativa más segura y sencilla para los conductores emplazar una rotonda moderna en el cruce con Ruta Nacional N°51.

### 7.4.2. Ubicación de las intersecciones

#### *En curvas horizontales*

Al ubicar una intersección en una curva:

- Se dificulta la visibilidad a los conductores en los caminos secundarios sobre el interior de la curva, porque el tránsito que se aproxima está parcialmente detrás de ellos, formando un ángulo artificial de oblicuidad
- Parte del triángulo de visibilidad puede quedar fuera de los límites de la zona de camino.

Se recomienda no ubicar intersecciones en curvas horizontales con radios menores que los indicados en la siguiente tabla:

Velocidad de directriz km/h	Radio m
40	250
50	375
60	550
70	750
80	1000
90	1220
100	1500
110	1850
120	2200
130	2600

*Imagen N°7.4: Radios mínimos para ubicar intersecciones en curvas*

En nuestra progresiva 1+143.65 donde se interseca nuestro proyecto con RP 87S diseñamos una curva o en el mejor de los casos lo denominamos quiebre en donde su ángulo entre tangentes es de  $3^{\circ}13'$ , el radio de curva adoptado fue 4200m y el peralte es 0,43% no excediendo el peralte máximo recomendado que es del 4% por lo que se cumplen las Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial-DNV.

### *En pendiente*

Evitar las pendientes fuertes en la zona de la intersección para:

- Facilitar las maniobras de giro, y
- Facilitar las maniobras de aceleración y de frenado de los vehículos, con una conveniente evaluación de tales maniobras por parte de los conductores.

Se recomienda:

- Pendiente deseable del camino principal 3% o menos.
- Pendiente máxima aceptable 6%.



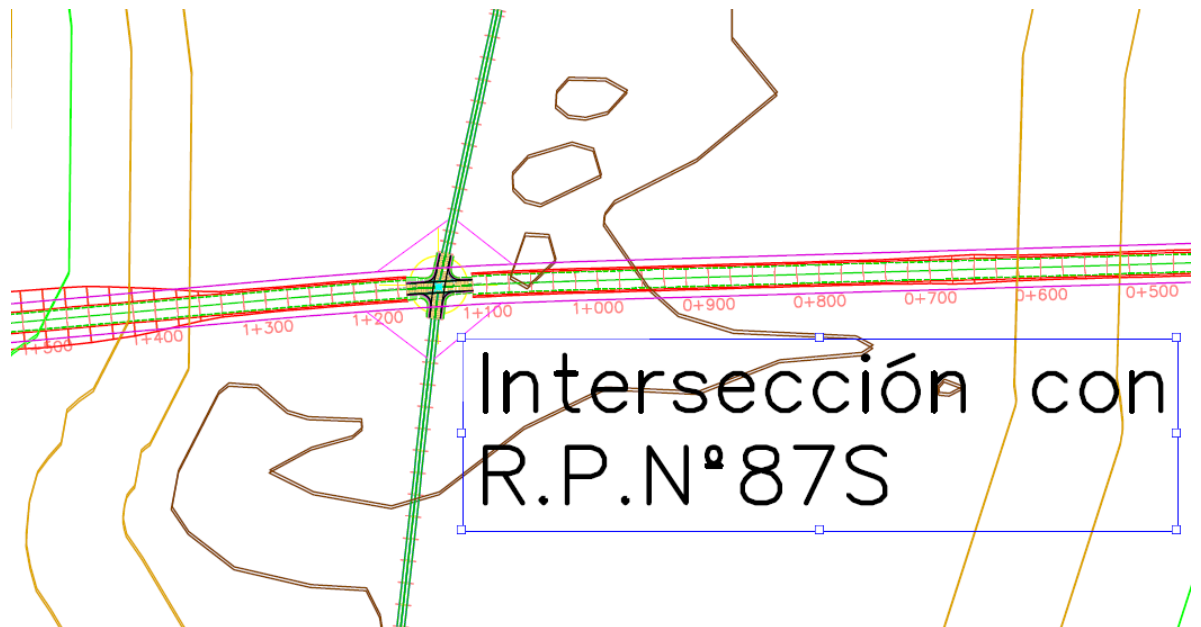
## Ángulo de intersección

Para dar a los conductores una adecuada visibilidad en el cruce y facilitar su reacción ante las decisiones que deban tomar, se recomienda proyectar las intersecciones con:

- Ángulo deseable de intersección  $90^\circ$ .
- Ángulo mínimo aceptable  $60^\circ$ .

Analizando los ángulos con que se cruzan ambas rutas (51 y 87S) con nuestro proyecto se nos presentan dos casos:

- 1- La intersección con ruta 87S presenta un ángulo de intersección de  $81^\circ 16'$ , lo cual se acerca a un ángulo deseable de  $90^\circ$  y se puede resolver con un cruce simple, con un ensanchamiento de calzada en su proximidad



- 2- En la intersección de nuestro proyecto con ruta N°51 se nos presenta un ángulo de intersección muy próximo a  $60^\circ$ . Si bien no supera el ángulo mínimo aceptable, nos pareció mas seguro optar por un cruce tipo rotonda moderna para mejorar la visibilidad de los automóviles a la hora de transitar por la intersección y también brindar seguridad al peatón que cruza los caminos.

## Distancia visual de intersección

El diseño de la intersección debe asegurar la distancia visual de detención a los conductores que circulan por el camino principal y por el secundario. Puede ser necesario modificar el alineamiento del camino principal, del secundario, o de ambos.

### 7.4.3. Capacidad

Para operar correctamente, una intersección debe satisfacer las demandas del tránsito de hora pico. El análisis de la capacidad se basa en las características operacionales de los vehículos conflictivos separados por las restricciones de tiempo, impuestas por los dispositivos de control de tránsito.

La medición y pronóstico de los flujos de tránsito y el análisis de la capacidad es un tema especializado. Los proyectistas deben referirse a los manuales y bibliografía comúnmente usados por la Dirección Nacional de Vialidad.

Una intersección controlada por PARE y CEDA EL PASO no afecta la capacidad del camino principal. La distribución de claros en el tránsito del camino principal y la aceptación de estos claros por los conductores del camino secundario influyen en la capacidad del camino principal.

La aceptación de claros depende del tiempo de percepción y reacción, la aceleración y la longitud del vehículo tipo considerado en el diseño. No es función de la velocidad de aproximación en el camino principal. Usualmente, los tiempos de aceptación de claros usados para determinar la capacidad son algo más cortos que los usados para calcular la distancia visual de intersección. Los factores que afectan la capacidad incluyen:

- Velocidad de operación en el camino principal
- Distancia visual de la intersección
- Radios de las ramas de giro
- Trazado de la intersección y número de carriles
- Tipo de zona
- Proporción de vehículos pesados

Los factores críticos son la distancia visual de intersección y el número y disposición de los carriles de tránsito. La capacidad final dependerá de un basto estudio mucho mas profundo, pero no es tema de estudio de nuestra tesis, nos ayudamos con ciertos ítems muy significativos y con la observación de rotondas existentes que se encuentran cerca de nuestro proyecto.

### 7.4.4 Puntos de conflicto

Las interacciones entre los vehículos, que no sean una circulación paralela, dan origen a lo que se llama *puntos de conflicto*: un nudo bien proyectado está formado por un conjunto organizado de ellos.

Los puntos de conflicto son potenciales de accidentes, cuya probabilidad media (asociada a cada movimiento) es el producto de la *exposición* de un cierto número de usuarios a un *riesgo* determinado por:

- La configuración de la intersección

- La ordenación de la circulación
- El comportamiento de los usuarios que resultan de ello

La exposición al riesgo será tanto mayor, cuanto mayor sea la intensidad de la circulación de los movimientos que en él intervengan. Conviene, por lo tanto, adaptar el tipo de nudo a la importancia de estas intensidades, haciendo corresponder a las mayores los menores niveles de riesgo, y evitando los tipos que den lugar a riesgos excesivos, incluso si las intensidades de tránsito expuestas a ellos fueran reducidas.

El número de puntos de conflicto de una intersección aumenta muy rápidamente con el número de ramales que en él confluyen.

Como las condiciones de circulación mejoran si disminuye el número de puntos de conflicto, no resultan convenientes las intersecciones de más de cuatro ramales, sobre todo en lo relativo a los cruces.

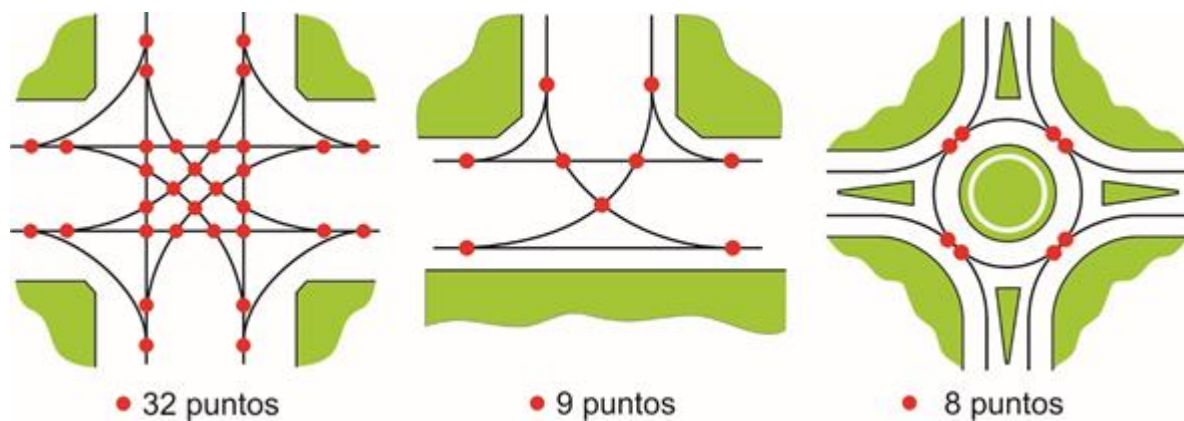


Imagen N°7.5: Puntos de conflicto en intersecciones y rotondas modernas. DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial

Para un número de ramales superior a cuatro, se recurre a:

- Usar soluciones que reduzcan el número de puntos de conflicto, sobre todo el de los cruces.
- Modificar el trazado de alguno de los tramos para que el nudo se transforme en dos contiguos, cada uno con 3 ó 4 ramales, para ello, hay que decidir el itinerario principal.
- Prohibir o agrupar los movimientos no prioritarios, o que se puedan resolver de otra manera.



- Establecer una circulación giratoria (rotondas) si, como es frecuente en zona urbana, todos los tramos son de parecida importancia, y no importa que los vehículos disminuyan su velocidad (y aun se detengan) al acceder al nudo.
- Separar los niveles de algún cruce (distribuidores).

### *Separación*

También la separación entre los puntos de conflicto influye en las condiciones de la circulación: hay que tener en cuenta las velocidades de los vehículos, y las necesidades de acumulación de los que tengan que esperar. En las intersecciones con semáforos, al existir una separación temporal entre ciertos movimientos, sus puntos de conflicto no necesitan estar separados en el espacio.

### *Velocidad relativa*

Tiene una gran influencia en la gravedad de un accidente la velocidad relativa de los vehículos en conflicto:

En una convergencia, interesa que la componente de la velocidad del vehículo que se inserta, paralela a la del otro, sea lo más parecida posible a ésta; en tanto que la componente perpendicular debe ser la menor posible. De ahí que en una convergencia interesen unos ángulos pequeños entre las trayectorias, y unas velocidades análogas

En un cruce, para disminuir el tiempo necesario para realizarlo, interesa que las trayectorias se corten perpendicularmente y no con ángulos pequeños, con lo que se consiguen, además, unas mejores condiciones de visibilidad y de evaluación de la velocidad del otro vehículo.

### *7.4.5. Movimientos de paso y movimientos de giro*

Los vehículos que por un tramo de camino acceden a una intersección, pueden seguir, salvo que sean físicamente imposibles o estén prohibidas, tres trayectorias distintas:

- Un movimiento de *paso*, con una trayectoria que cruza a las demás para seguir por la prolongación del tramo de acceso.
- Un *giro a la derecha*, para seguir por otro tramo más o menos perpendicular al de acceso, normalmente sin cruzar a ninguna otra trayectoria.
- Un *giro a la izquierda*, para seguir por otro tramo más o menos perpendicular al de acceso, pero en el que resulta imposible evitar el cruce de alguna otra trayectoria (normalmente la del movimiento de paso en sentido opuesto al de acceso). La forma de resolver este tipo de giros caracteriza a la intersección.

### *Movimientos de paso*

Los movimientos de paso se tienen que realizar con la mayor continuidad y facilidad posible; en algunos casos, hay que adaptar la disposición de los tramos (normalmente el

menos importante) a la importancia relativa de sus tránsitos para la obtención de un ángulo comprendido entre 60 y 120 grados.

En la zona de la intersección, las trayectorias de paso no deben reducir su estándar geométrico, a fin que no empeore el nivel de servicio por la perturbación producida por la presencia del nudo. Además, es preciso que la visibilidad disponible en esta zona sea la mayor posible, para que los conductores puedan identificar fácilmente las opciones que se les ofrecen. Hay que evitar, por lo tanto, las alineaciones curvas y las curvas verticales que oculten, aunque sea parcialmente, a la intersección y, sobre todo, las divergencias.

Los carriles reservados al tránsito de paso deben ser continuos, y claramente identificables por los conductores. Su número sólo se puede reducir una vez superada una divergencia en la que haya una disminución significativa de la intensidad de la circulación.

Si la intensidad de giro es comparable o mayor que la de los movimientos de paso, las divergencias se deben plantear como bifurcaciones y las convergencias como confluencias.

### *Movimientos de giro*

Por razones de seguridad, en las intersecciones de prioridad deben observarse los principios siguientes:

- Simplicidad: pocas isletas, tan pocas para carriles de giro derecha como sea posible;
- Ausencia de ambigüedades: en la definición del tipo de operación de la intersección y el trazado de las ramas;
- Los conductores deben tomar una decisión por vez;
- Coherencia entre trazado y prioridad. La trayectoria correcta debe ser fácil de seguir y realmente continua;
- Deflexiones en trayectorias no prioritarias (excepto, en ambientes densamente urbanizados).

Los tres primeros indican un orden de calidad de menor a mayor en la resolución del giro. La resolución con carriles tipo semidirecto sólo son admisibles en caminos de bajo tránsito.

Los parámetros de análisis que se presentaron en este apartado fueron claves para inclinarnos en la elección de una rotonda moderna en el cruce con Ruta Nacional N°51 ya que disminuye punto de conflictos, reduce la velocidad de los vehículos, ordena las maniobras (prioridades de paso conocidas) y evita la colocación de semáforos con lo cual tendremos un tránsito fluido.

## 7.5. DISTANCIA VISUAL EN INTERSECCIONES

La distancia visual es uno de los elementos esenciales en la seguridad de un camino y su provisión posibilita una operación eficiente. Se deben adecuar medidas de diseño

necesarias para que una intersección ofrezca, en todos sus puntos, suficiente visibilidad para permitir al conductor realizar las maniobras necesarias para cruzar con seguridad y con el mínimo de interferencias.

Para ello se asume como condición que los conductores se aproximan a dicha intersección a una velocidad compatible con la Velocidad directriz del camino por el cual circulan.

Las distancias visuales mínimas que se consideran seguras en una intersección, están relacionadas directamente con la velocidad de los vehículos y las distancias recorridas durante tiempos normales de percepción, reacción y frenado, bajo ciertas hipótesis de condiciones físicas y de comportamiento de los conductores.

Aunque la provisión de adecuada visibilidad y de apropiados sistemas de control puede reducir significativamente la probabilidad de accidentes en intersecciones, la ocurrencia de éstos dependerá del juicio, habilidades y respuestas de los conductores por separado. En todo punto de un camino el conductor debe tener visión plena, en el sentido de su marcha, en una longitud por lo menos igual a la Distancia de Detención.

La distancia visual en las intersecciones se provee para que los conductores perciban la presencia de vehículos potencialmente conflictivos. Esto debe ocurrir con tiempo suficiente como para que el conductor se detenga o ajuste su velocidad, y evite cualquier colisión. Los métodos para determinar las distancias visuales necesarias por los conductores que se acercan a una intersección se basan en los mismos principios que la distancia visual de detención, DVD, pero incorpora suposiciones modificadas sobre la base del comportamiento observado de los conductores en las intersecciones.

El conductor de un vehículo que se acerca a una intersección debe tener una visión libre de ella, incluyendo los dispositivos de control de tránsito y longitudes suficientes a lo largo del camino que se intersecta, para anticipar y evitar potenciales choques. La distancia visual también se provee en las intersecciones para permitir a los conductores de los vehículos detenidos (por efecto de un cartel de PARE), una vista suficiente del camino que se intersecta para decidir cuándo entrar en ella o cruzarla.

## 7.6. TRIÁNGULOS DE VISIBILIDAD

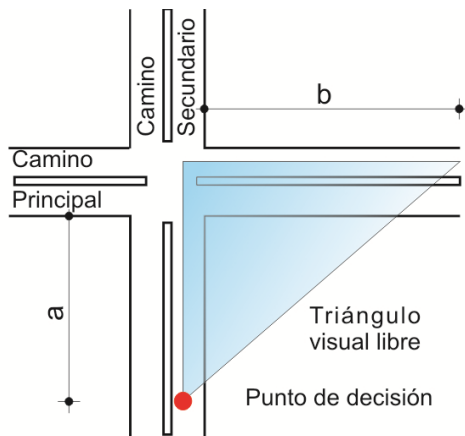
Cada cuadrante de una intersección debe contener un triángulo visual despejado, libre de obstrucciones que puedan bloquear la vista de los conductores. Se requieren dos formas diferentes de triángulos visuales: de aproximación o llegada, y de partida o salida.

El triángulo de aproximación tendrá catetos con longitudes suficientes sobre los dos caminos que se intersectan tales que los conductores puedan ver cualquier vehículo potencialmente conflictivo con suficiente tiempo para disminuir su marcha, o detenerse de ser necesario, antes de entrar en la intersección. Para el triángulo de partida, la línea visual descrita por la hipotenusa del triángulo debe ser tal que un vehículo recién visto sobre el camino principal tenga a la velocidad de diseño un tiempo de viaje hasta el punto de conflicto,

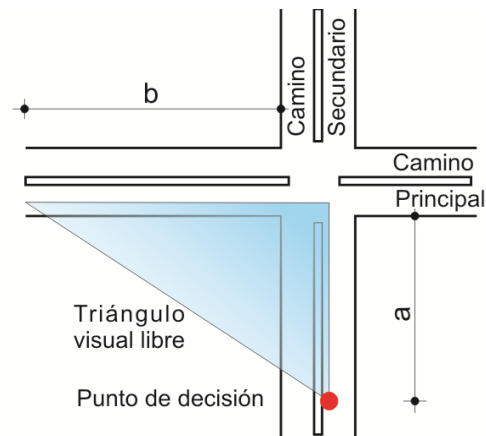
mayor o igual al correspondiente al claro aceptable por el conductor del vehículo en el camino secundario para realizar su maniobra (cruce o incorporación). Ambas formas de triángulos visuales se requieren en cada cuadrante de la intersección. La línea visual supone alturas de ojo de conductor y de objeto de 1,10 y 1,3 metros. Las áreas determinadas deben mantenerse libres de vegetación o cualquier otro obstáculo a la línea visual. Por esa razón, toda el área del triángulo visual debe formar parte de la zona de camino.

Además, las rasantes de los caminos que se intersectan deben diseñarse para dar la requerida distancia visual. Si alguno de los accesos está en desmonte, los triángulos visuales afectados deben ser excavados para asegurar la visibilidad entre ellos.

Dado que la tasa de aceleración de los camiones es menor que las de los automóviles y la distancia que un camión tiene que recorrer para pasar por la intersección es más larga, el claro aceptable para un camionero es mayor que el requerido por un automovilista. Para evaluar la disponibilidad de distancia visual en ese caso se adopta una altura del ojo del camionero de 2,2 m.

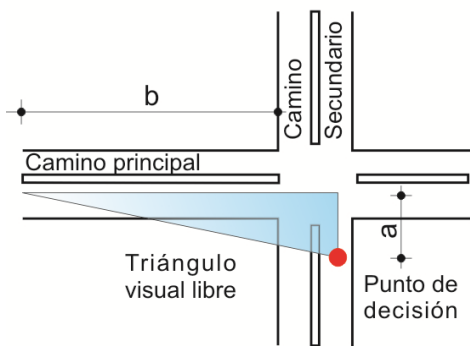


Triángulo visual de aproximación para ver el tránsito que se aproxima desde la derecha

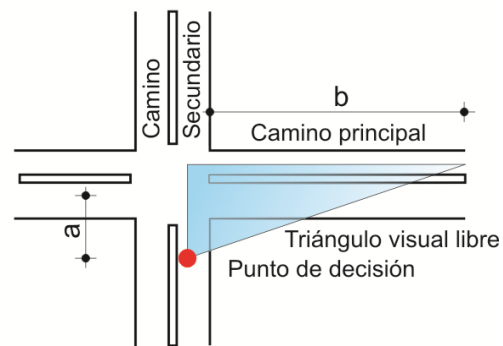


Triángulo visual de aproximación para ver el tránsito que se aproxima desde la izquierda

A - Triángulos visuales de aproximación



Triángulo visual de partida para ver el tránsito que se aproxima desde la izquierda



Triángulo visual de partida para ver el tránsito que se aproxima desde la derecha

B - Triángulos visuales de partida

## Imagen N°7.6: Triángulos de visibilidad. DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial

### Tipos de control de intersección

Las dimensiones recomendadas de los triángulos visuales libres de obstáculos varían con el tipo de control de tránsito usado en una intersección porque imponen diferentes restricciones legales sobre los conductores, las que resultan en diferentes comportamientos de los conductores. Se presentan las recomendaciones de distancia visual para intersecciones de los siguientes tipos:

- Sin control (Caso A)
- Control PARE en el camino secundario (Caso B)
  - Giro izquierda desde camino secundario (Caso B1)
  - Giro derecha desde camino secundario (Caso B2)
  - Cruce desde camino secundario (Caso B3)
- Control CEDA EL PASO en camino secundario (Caso C)
  - Cruce en camino secundario (Caso C1)
  - Giro desde camino secundario (Caso C2)
- Control Semáforos (Caso D)
- Control PARE en todos los sentidos (Caso E)

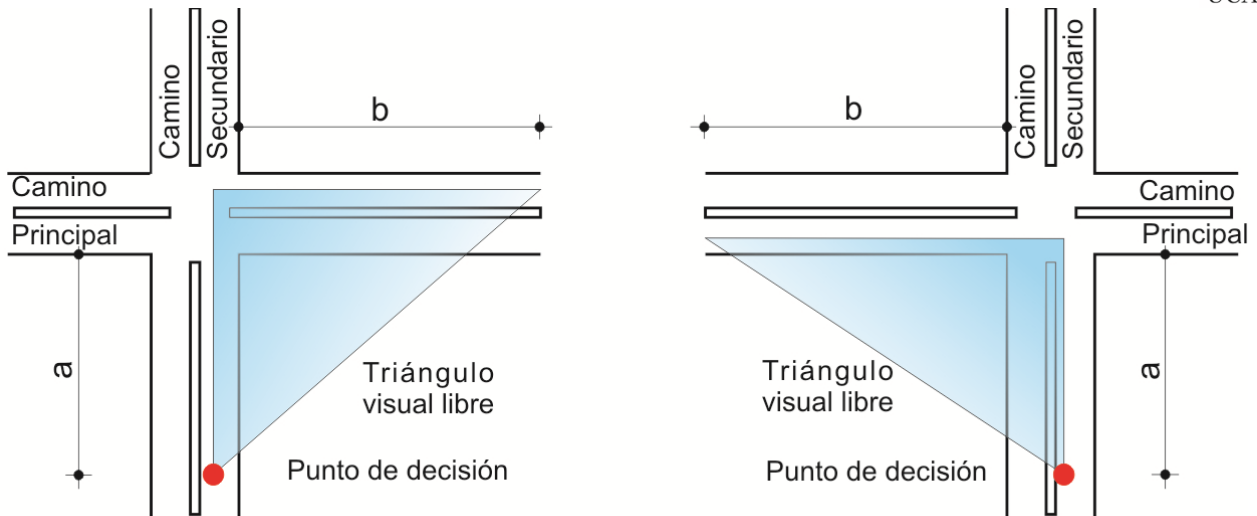
También se presenta una recomendación de distancia visual para vehículos detenidos que giran a la izquierda desde un camino principal (Caso F).

A nuestro criterio decidimos utilizar el **Caso B**: Intersecciones con control PARE en camino secundario.

Donde los triángulos visuales de partida para intersecciones con control PARE en el camino secundario deben considerarse para tres situaciones:

- Giros izquierda desde camino secundario (Caso B1)
- Giros derecha desde camino secundario (Caso B2)
- Cruce de camino principal desde camino secundario (Caso B3)

Como se muestra en la siguiente figura (A), en las intersecciones controladas por PARE no se necesitan triángulos visuales de aproximación porque todos los vehículos del camino secundario deben parar antes de entrar o cruzar el camino principal.



Triángulo visual de aproximación para ver el tránsito que se aproxima desde la derecha

Triángulo visual de aproximación para ver el tránsito que se aproxima desde la izquierda

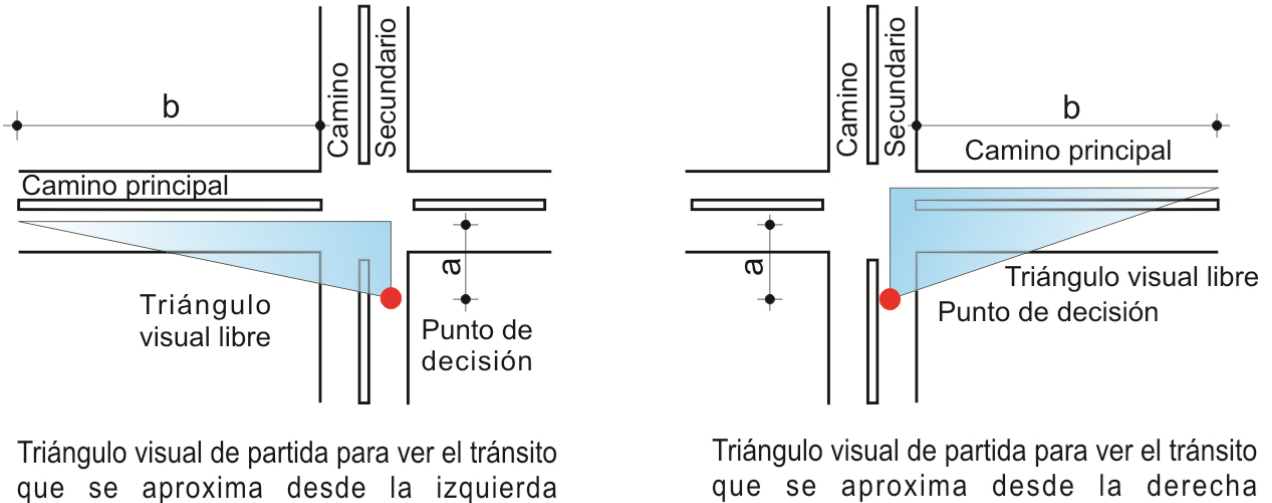
#### A - Triángulos visuales de aproximación

*Imagen N°7.7: Triángulos de visibilidad. DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial*

Los vehículos que giran a la izquierda desde el camino secundario tienen que cruzar la corriente de tránsito que se aproxima por la izquierda y luego converger con la corriente que se aproxima desde la derecha. Dado que la maniobra de convergencia requiere que los vehículos que giran sean capaces de acelerar aproximadamente a la velocidad de la corriente con la cual convergen, necesita un claro más largo que el de la maniobra de cruce.

→ *Giro izquierda desde camino secundario (Caso B1)*

Para giros a la izquierda desde el camino secundario hacia el camino principal para todos los accesos controlados con PARE, debe proveerse un triángulo visual de partida para el tránsito que se aproxima desde la derecha, como se muestra en la figura siguiente (B).



### B - Triángulos visuales de partida

*Imagen N°7.8: Triángulos de visibilidad. DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial*

Observaciones de campo de los claros aceptados por los conductores de los vehículos que giran a la izquierda hacia el camino principal, muestran que los valores de la Tabla 5.6.1 dan suficiente tiempo al vehículo del camino secundario para acelerar desde parado y converger con el tránsito sin interferencia. Estas observaciones también revelaron que los conductores del camino principal podrían reducir su velocidad en algún porcentaje para acomodar a los vehículos que entran desde el camino secundario. Donde para determinar la longitud del lado del triángulo visual de partida a lo largo del camino principal se usen los valores de aceptación de claros de la Tabla 5.6.1, la mayoría de los conductores del camino principal no necesitan reducir la velocidad a menos del 70% de su velocidad inicial.

Cuando el porcentaje de vehículos pesados que ingresa desde el camino secundario es sustancial, deben aplicarse los valores para camiones simples o semirremolques.



Vehículo diseño	Tiempo de viaje (s) a la velocidad diseño del camino principal
Automóvil	7,5
Camión unidad - simple	9,5
Semirremolque	11,5

*Tabla 5.6.1 Tiempos Viaje Usados para Determinar Lado del Triángulo Visual de Partida a lo largo de Camino Principal para Giros Izquierda y Derecha desde Aproximaciones Controladas con PARE (Casos B1 y B2)*

Si no pueden proveerse las distancias visuales a lo largo del camino principal basadas en la Tabla 5.6.1, debe considerarse la instalación de señales de velocidad máxima en las aproximaciones del camino principal. La Tabla 5.6.1 incluye ajustes de los claros aceptables según el número de carriles en el camino principal y para la pendiente de aproximación del camino secundario.

La dimensión “a” depende del contexto en que se diseña la intersección. En zonas urbanas, los conductores tienden a detener sus vehículos inmediatamente detrás de la línea PARE, que puede ubicarse virtualmente en la línea del borde del camino principal. Por lo tanto, un automovilista podría ubicarse alrededor de 2,4 m separado de la línea PARE. Usualmente, en zonas rurales los vehículos se detienen en el borde de banquina del camino principal.

Así, en el caso de banquetas de tres metros de ancho el conductor estaría unos 5,4 metros fuera del borde de calzada.

El triángulo visual de partida debe comprobarse para varios vehículos de diseño porque el ancho de la mediana puede ser adecuado para un tipo de vehículo y no para otro, de modo que tienen que evaluarse dos situaciones.

→ *Giro derecha desde camino secundario (Caso B2)*

Como se muestra en la Figura (A), para giros a la derecha desde el camino secundario debe proveerse triángulo visual para el tránsito que se aproxima desde la izquierda. Generalmente, las longitudes de los lados del triángulo visual de partida para giros derecha



deben ser iguales que las usadas para giros a la izquierda en el Caso B1. Específicamente, la longitud del lado del triángulo visual de partida (dimensión "b") a lo largo del camino principal debe basarse en los tiempos de viaje de la Tabla 5.6.1, incluyendo los adecuados factores de ajuste.

La dimensión "a" depende del contexto del diseño y puede variar de 2,4 a 5,4 m. Donde a lo largo del camino principal no puedan proveerse las distancias visuales basadas en los tiempos de viaje de la Tabla 5.6.1, debe considerarse que las observaciones de campo indican que, al girar a la derecha, los conductores generalmente aceptan claros ligeramente más cortos que los aceptados al girar a la izquierda. Donde fuere necesario, los tiempos de viaje de la Tabla 5.6.1 pueden disminuirse en 1 a 1,5 s para maniobras de giro a derecha, sin indebida interferencia con el tránsito en el camino principal. Cuando la distancia visual recomendada para una maniobra de giro a derecha no pueda proveerse, aun con una reducción de 1 a 1,5 s, debe considerarse la instalación de señales de velocidad máxima en las aproximaciones del camino principal.

→ *Cruce desde camino secundario (Caso B3)*

En la mayoría de los casos puede suponerse que los triángulos visuales de partida para giros izquierda y derecha hacia el camino principal, Casos B1 y B2, también proveerán adecuada distancia visual para el cruce. Sin embargo, es aconsejable comprobar la disponibilidad de distancia visual para las maniobras de cruce en:

- Donde no se permiten los giros izquierda y/o derecha desde una aproximación particular, y el cruce es la única maniobra legal;
- Donde el vehículo que cruza tiene que atravesar cuatro o más carriles;
- Donde una importante cantidad de camiones crucen el camino, y donde haya rampas elevadas en la calzada de partida sobre el lado lejano de la intersección que pudieran hacer disminuir la marcha al vehículo mientras su parte trasera está todavía en la intersección.

La Tabla 5.6.2 provee tiempos de viaje y factores de ajuste que pueden usarse para determinar la longitud a lo largo del camino principal del lado del triángulo visual, adecuada a las maniobras de cruce.

Vehículo diseño	Tiempo de viaje (s) a la velocidad diseño del camino principal
Automóvil	6,5
Camión unidad - simple	8,5
Semirremolque	10,5

Tabla 5.6.2 Tiempos de viaje usados para determinar lado del triángulo visual de partida a lo largo camino principal para acomodar maniobras cruce en intersecciones controladas por PARE (Caso B3)

## 7.7. VEHÍCULOS DE DISEÑO

Las características físicas de los vehículos y la composición del tránsito son factores que controlan el diseño geométrico. Es necesario examinar todos los tipos de vehículos, agruparlos, y determinar vehículos representativos en cada clase, para su uso en el diseño. Los vehículos tipo corresponden al que tiene mayores dimensiones y mayores radios de giro mínimo que los similares de su clase. Se seleccionan cuatro clases generales de vehículos:

- *Vehículos de pasajeros*: incluye los vehículos livianos (automóviles) y camiones livianos de reparto (furgonetas y camionetas).
- *Camiones*: incluye los camiones sin y con acoplado, semirremolques y semirremolques con acoplado.
- *Ómnibus*: incluyen los colectivos simples, microómnibus, colectivos articulados, colectivos escolares, y similares.
- *Motocicletas, motonetas, bicicletas*.
- *Vehículos de recreación*: casa rodante, coche y remolque. Si bien en la bibliografía se mencionan y en este capítulo se brindan algunas características, no se propone su uso como vehículo de diseño.

Los que se consideran a continuación son los siguientes (AASHTO 2004):

- P: vehículo liviano de pasajeros
- SU: camión de unidad única
- CITY-BUS: autobús urbano
- INTERCITY-BUS (BUS-14): autobús interurbano
- WB-12: semirremolque mediano

- WB-15: semirremolque grande (\*)
- WB-19: semirremolque especial (transporte de automóviles)

El semirremolque WB-15 representa un semirremolque de 18,6m de longitud total, el máximo permitido por la Ley 24.449, Ley Nacional de Tránsito y es el que adoptamos para diseñar con sus dimensiones como patrón.

### Mínimas trayectorias de giro de los vehículos de diseño

Las dimensiones principales que afectan el diseño son el radio mínimo de giro, el ancho de la huella, la distancia entre ejes, y la trayectoria del neumático interior trasero. Los límites de las trayectorias de giro de los vehículos de diseño al realizar los giros más cerrados, están establecidos por la traza de la saliente frontal y la trayectoria de la rueda interior trasera. Este giro supone que la rueda frontal exterior sigue un arco circular, definiendo el radio de giro mínimo según es determinado por el mecanismo de manejo del vehículo.

El radio mínimo de giro y las longitudes de transición mostradas corresponden a giros realizados a 15 km/h de velocidad. Velocidades más altas alargan las curvas de transición y requieren radios mayores que los mínimos.

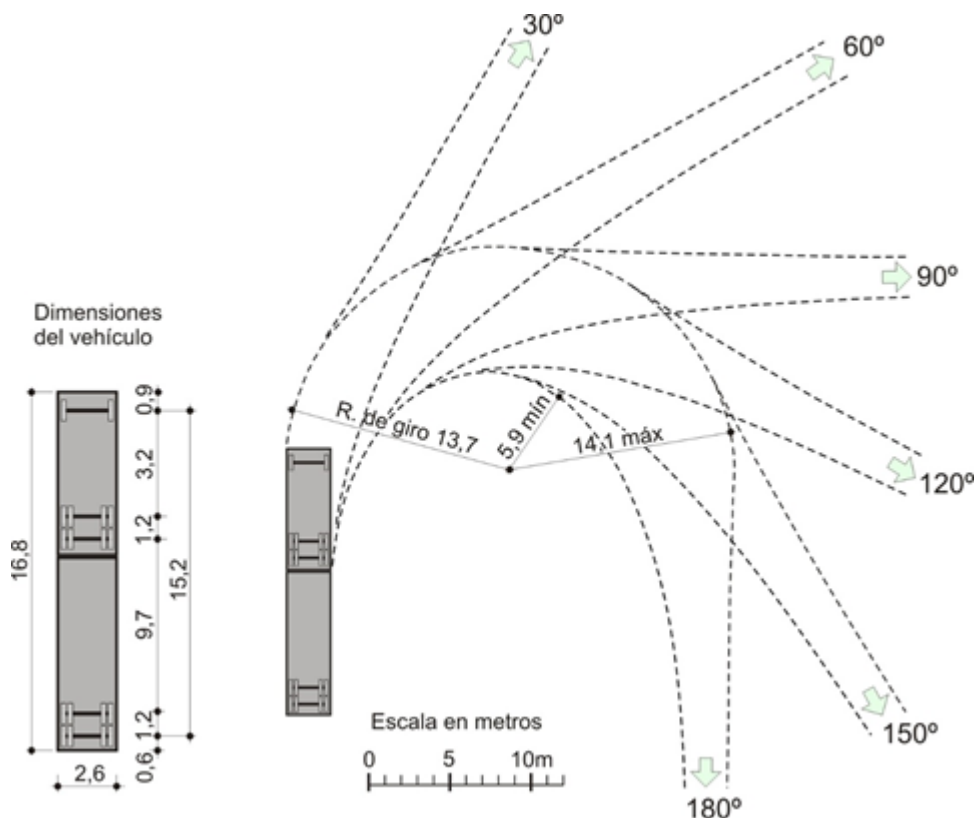


Imagen N°7.9: Mínima trayectoria para vehículo de diseño WB-15.DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial

## 7.8. CONTROLES GEOMÉTRICOS

### 7.8.1. Ángulo de intersección

Independientemente del tipo de intersección que se trate, por seguridad y economía los caminos que se intersectan deberían hacerlo en ángulo recto, o lo más cercano a él. Las grandes oblicuidades incrementan la superficie de pavimento y por tanto la superficie de conflictos posibles. Operacionalmente, son indeseables porque:

- Los vehículos y peatones que cruzan se exponen por tiempos mayores
- El ángulo visual del conductor está más constreñido y se dificulta la percepción de claros
- Los movimientos vehiculares son más difíciles y los camiones grandes requieren más superficie de pavimento
- Es más difícil definir mediante canalización las trayectorias vehiculares

Si bien la intersección entre nuestra traza proyectada y RP 87S presentan curvaturas exactamente en el punto donde convergen ambos caminos dichas curvaturas son muy pequeñas, los ángulos de intersección son aproximadamente 90° por lo que no se generan zonas conflictivas.

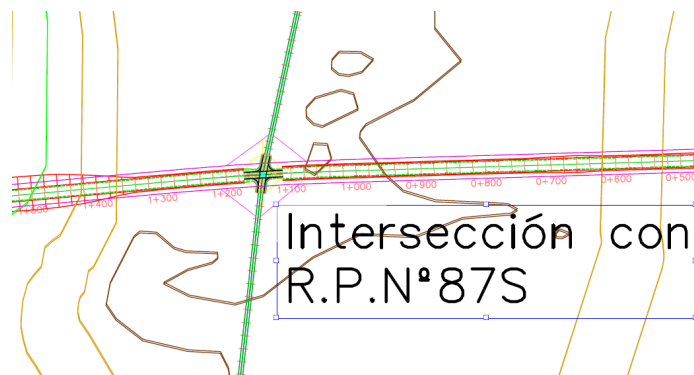


Imagen 7.10: Intersección con ruta provincial 87S

### 7.8.2. Alineamiento horizontal

Un diseño simple de los alineamientos horizontales permite el adecuado reconocimiento de la intersección y brinda al tránsito que accede una correcta referencia para las maniobras.

En las intersecciones, los requerimientos operacionales son:

- Los alineamientos no deben restringir la distancia visual requerida,
- Los alineamientos no deben permitir los frecuentes frenados y giros asociados con las intersecciones,

- Los alineamientos no deben demandar atención adicional, a expensas de la atención requerida por las maniobras de la intersección y para evitar conflictos.

Como regla general, en las intersecciones los radios de las curvas horizontales no deben ser menores que los deseables para la velocidad de diseño en los caminos de acceso.

### 7.8.3. Rasante

Las distancias de detención y aceleración para vehículos de pasajeros en pendientes de 3% o menos difieren poco de las correspondientes a rasante horizontal. La mayoría de los conductores son incapaces de juzgar el efecto de las pendientes fuertes en las distancias de detención o aceleración, generando posibilidades de error en momentos críticos.

Consecuentemente, para caminos de alta velocidad con velocidades de diseño mayores que 80 km/h, las pendientes no deben ser mayores que 3%.

Para las intersecciones nuevas, normalmente la pendiente en el camino secundario se ajusta para formar una rasante suave, hemos considerado esto para ambas intersecciones que se encuentran en nuestro proyecto y no tenemos mayores complicaciones con las pendientes en ninguna de ellas ya que en las cercanías de las intersecciones, la combinación de los alineamientos horizontal y vertical debe brindar carriles de tránsito claramente visibles a los conductores en todo momento, y condiciones de diseño coherentes con las partes del camino recién recorrida.

En Ambas intersecciones de nuestro proyecto se presentan terrenos llanos, lo cual brindará clara percepción para los transeúntes.

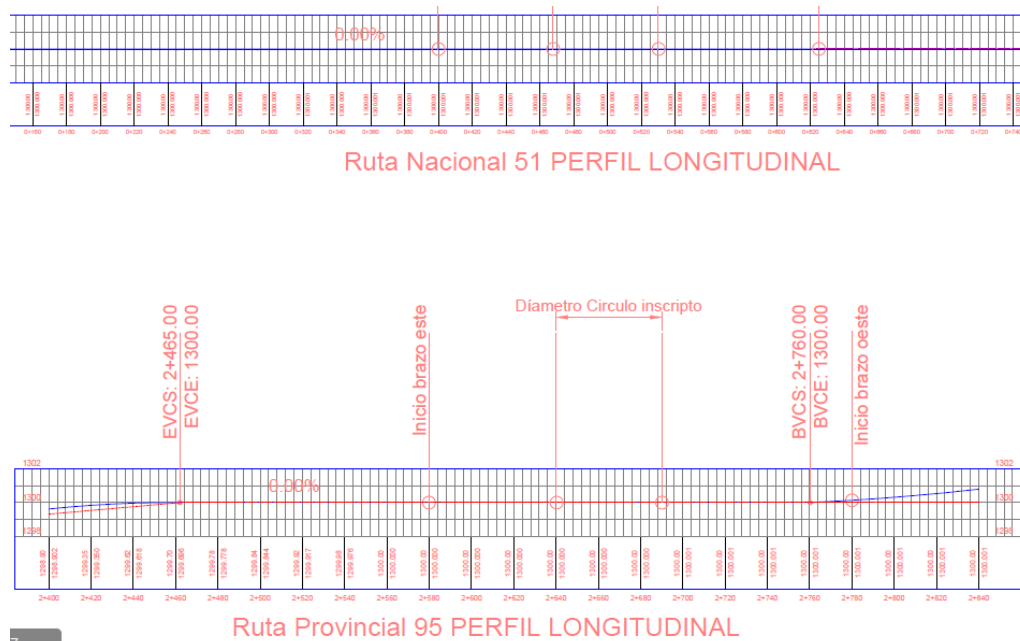


Imagen 7.11: Perfiles longitudinales de caminos

#### 7.8.4. Diseño de borde mínimo de calzada de giro

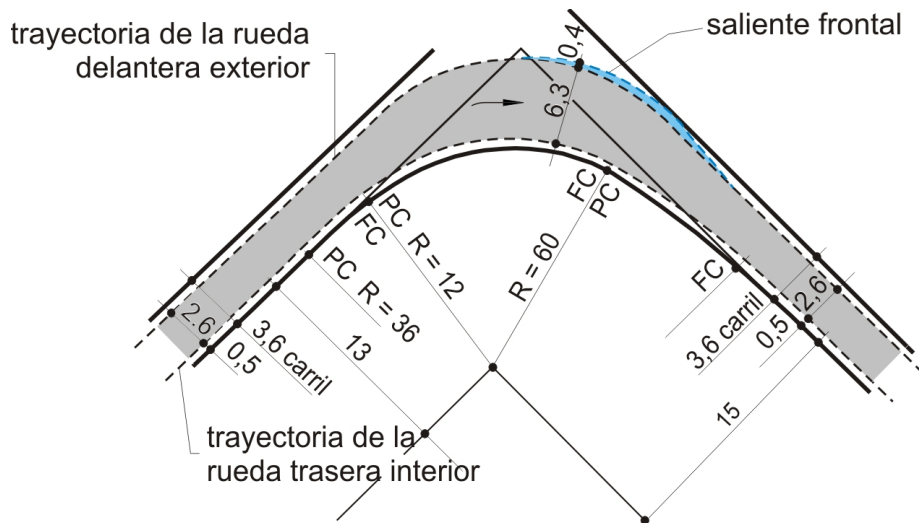
Los radios y anchos de las plataformas de giro para intersecciones están gobernados por los volúmenes del tránsito que gira y los tipos de vehículos de diseño a utilizar.

Hay tres tipos básicos de plataformas de giro a derecha en las intersecciones:

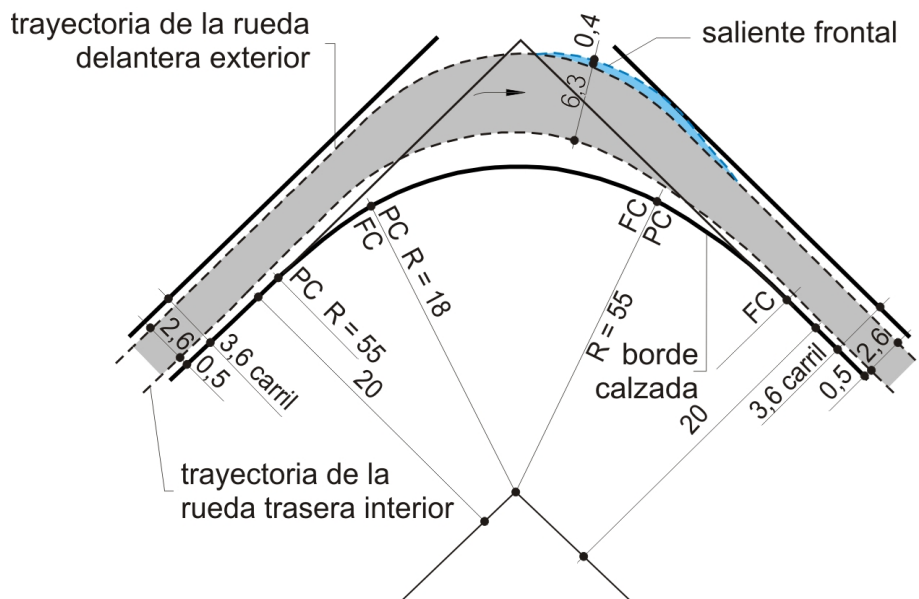
1. Trazado mínimo absoluto del borde de calzada en giros sin canalizaciones (para  $V = 15$  km/h)
2. Trazado mínimo absoluto del borde de calzada en intersecciones canalizadas
3. Diseño de Ramales de intersecciones para  $25$  km/h  $< V < 65$  km/h, con un radio simple o radios compuestos

Trazados mínimos de bordes de calzada en giros sin canalizaciones:

Cuando el espacio disponible para la intersección sea muy reducido, o los movimientos de giro de muy poca importancia, se podrá utilizar intersecciones de trazado mínimo. En estos casos el diseño está gobernado exclusivamente por las trayectorias mínimas de giro del vehículo tipo elegido, en nuestro caso el WB-15 Camión con semiremolque grande.



A - Combinación semirremolque WB - 15  
 curva compuesta 3 - centros radios 36 m - 12 m - 60 m  
 desplazamiento 1 m y 3 m



B - Combinación semirremolque WB - 15  
 curva compuesta 3 - centros radios 55 m - 18 m - 55 m  
 desplazamiento 2 m

Imagen N°7.12: Trayectorias de un semirremolque WB-15.DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial

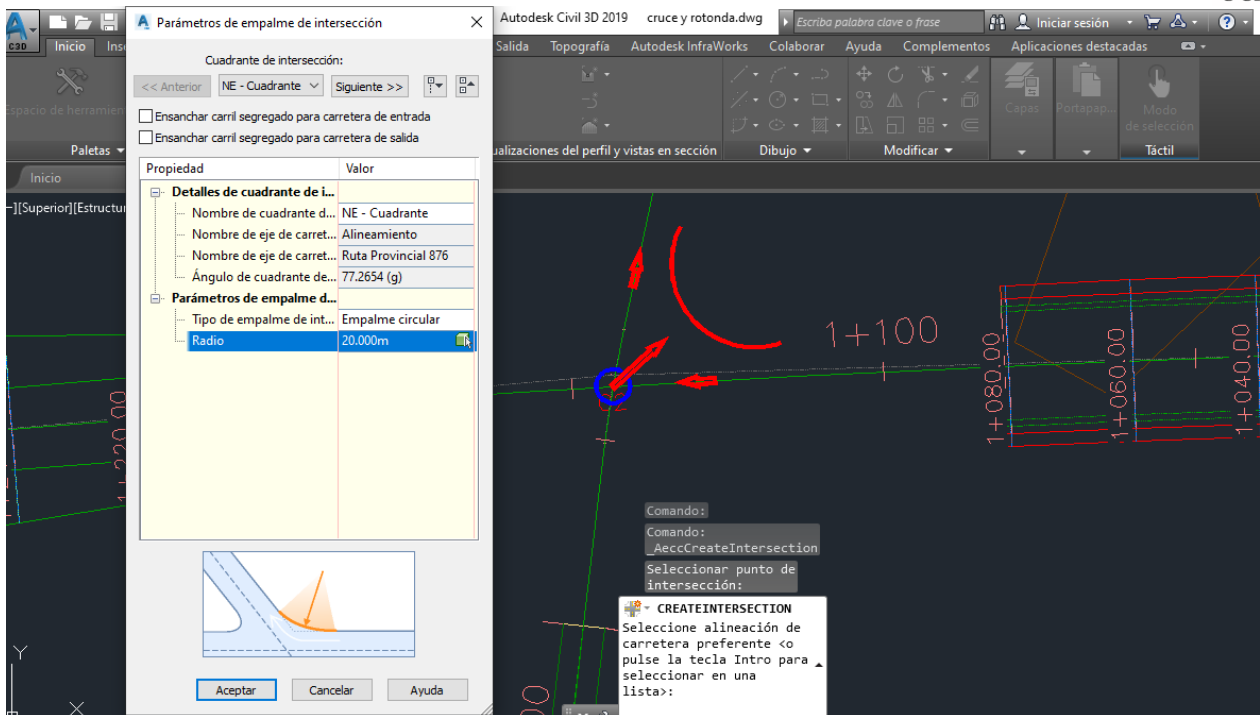


Imagen N°7.13: Trayectoria más desfavorable de giro en cruce con camino secundario

En nuestro caso para el ángulo de giro más desfavorable como se refleja en la imagen utilizamos un radio de giro para el centro de 20m con un ancho de calzada de 5m lo que da un amplio margen para el giro de un semirremolque grande WB-15; a estos valores los utilizamos en las cuatro esquinas y sentidos del cruce.

## 7.9. ROTONDAS MODERNAS

Las rotondas modernas son una forma refinada de intersección circular, con diseño y características específicas que controlan el tránsito. Estas características incluyen el control de Ceda el Paso al tránsito entrante, las aproximaciones canalizadas, las curvaturas geométricas restrictivas y los anchos de calzada. Diseñadas para controlar la velocidad de viaje, facilitar el intercambio eficaz de los flujos de tránsito, y reducir al mínimo el número y gravedad de los choques y conflictos entre vehículos.

En términos generales, cualquier intersección urbana o rural que cumpla los criterios para un control del tránsito más allá de una simple condición de PARE califica para evaluarla como una rotonda moderna. Por lo que el examen de una rotonda moderna también debe recibir una seria consideración. Las rotondas siempre deben tenerse en cuenta como una estrategia de mejoramiento de las intersecciones existentes controladas por señales PARE en los cuatro sentidos, o por semáforos con problemas de seguridad u operacionales.

Según estudios realizados una rotonda bien diseñada es el tipo más seguro de control de intersección ya que en ellas se producen menos accidentes que en las intersecciones controladas por semáforos, señales PARE, o CEDA EL PASO. La razón principal es que las velocidades relativas de los vehículos son considerablemente más bajas en las rotondas bien

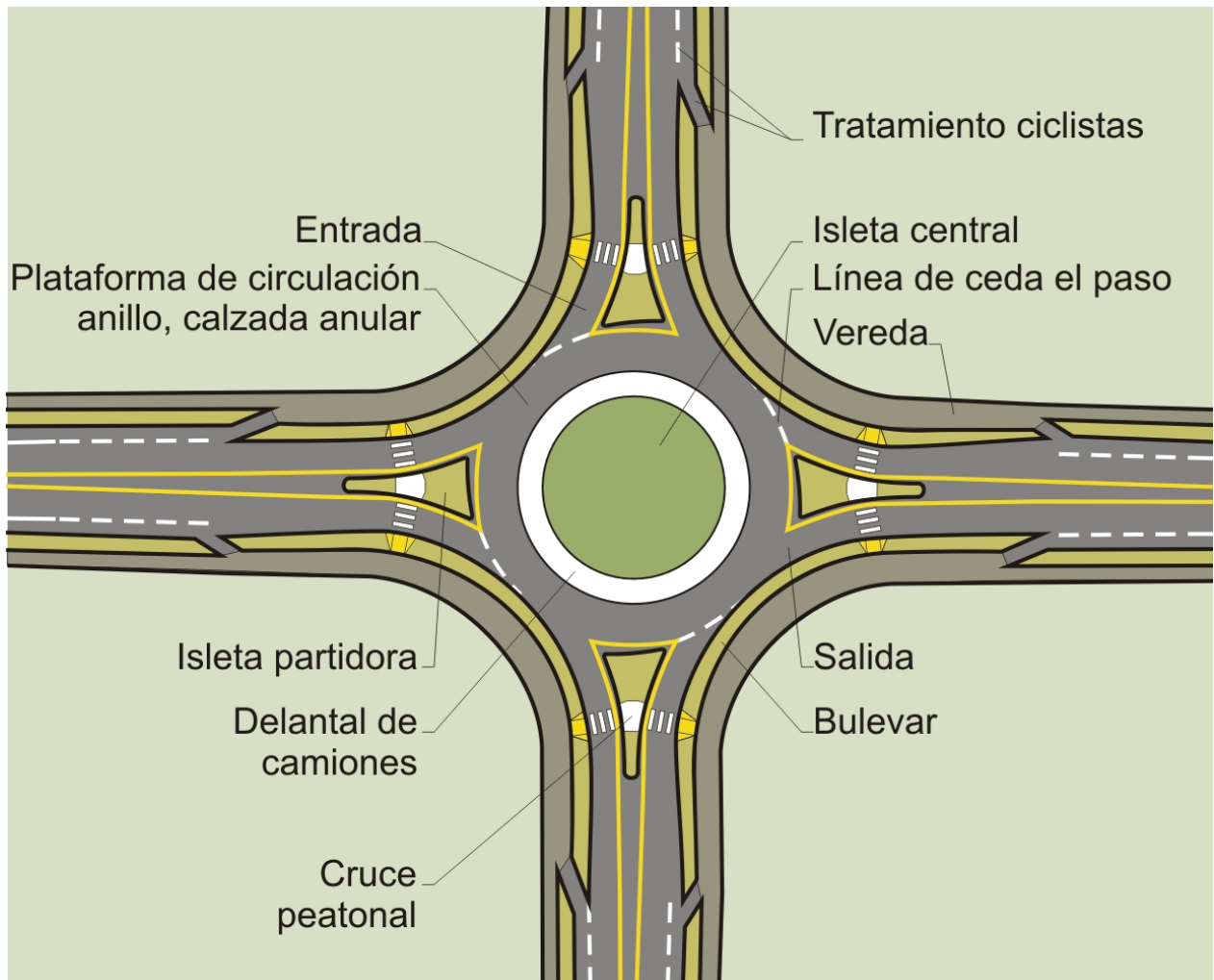
Aramayo Clara Luz, Oulier Gustavo Adolfo



diseñadas que en otros tipos de intersecciones a nivel. Dichos controles seguros del tránsito que tendremos en la intersección entre nuestro camino proyectado y RN 51 nos hizo optar por materializar una rotonda moderna en este lugar.

El fin que tienen los controles básicos de una rotonda moderna es limitar la velocidad de los vehículos mediante la deflexión de la trayectoria y si ocurre un accidente el mismo será a baja velocidad y en un bajo ángulo de impacto.

### 7.9.1. Características de una rotonda moderna.



*Imagen N°7.14: Elementos de una rotonda moderna (RM). DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial*

**Entrada:** La plataforma de aproximación antes de la plataforma de circulación y entre la cara de cordón derecho y el lado de aproximación de la isleta partidora. Esta característica clave es el principal determinante de la capacidad y seguridad de una rotonda.

- Salida:* *La plataforma de salida después de la plataforma de circulación y entre la cara del cordón derecho y el lado de salida de la isleta partidora.*
- Isleta central:* *La zona elevada en el centro de una rotonda, alrededor de la cual circula el tránsito.*
- Isleta partidora:* *Mediana elevada en una aproximación usada para separar los tránsitos de entrada y salida, desvía y lentifica al tránsito entrante y provee refugio a los peatones que cruzan el camino en dos etapas.*
- Plataforma de circulación:* *Plataforma curvada de un-sentido usada por los vehículos para viajar en sentido anti horario alrededor de la isleta central.*
- Delantal de camiones:* *Parte montable de la isleta central adyacente a la plataforma circulatoria. Se la requiere para acomodar las huellas de las ruedas traseras de grandes vehículos.*
- Carril de desvío:* *Carril de giro derecha que se desvía de la rotonda, físicamente separado de la plataforma circulatoria. Los carriles de desvío no intersectan la rotonda y no tienen conflictos de tránsito.*
- Línea de Ceda el Paso:* *Línea marcada en el pavimento que separa el tránsito que se aproxima a la rotonda del tránsito ya en la calzada circulatoria.*
- Cruces peatonales:* *Los cruces peatonales provistos en las rotondas deben ser accesibles. El cruce acomoda a todos los peatones (incluyendo las personas con discapacidades visuales), sillas de ruedas, cochecitos de bebés, y bicicletas para cruzar la trayectoria, calle, etc. en dos etapas con un refugio cortado en la isleta partidora para permitir pasar a través de las trayectorias vehiculares.*

*Tratamiento Ciclistas:* Los tratamientos ciclistas en las rotondas proveen la opción de viajar a través de la rotonda montado en la bicicleta por el carril de viaje como un vehículo más, o salir de la plataforma y usar un paso peatonal como un peatón, o como un ciclista usando una trayectoria de uso compartido, según el nivel de comodidad del ciclista.

*Bulevares:* Los bulevares se proveen en la mayoría de las rotondas para separar el tránsito vehicular del peatonal y alentar a los peatones a cruzar sólo en los cruces establecidos.

*Vereda:* Senda peatonal. Es común proveer una senda compartida en el perímetro de la rotonda para acomodar a los peatones y ciclistas.

Las descripciones anteriores son partes componentes de una rotonda moderna, pero para entrar más específicamente en el diseño de las mismas debemos conocer sus parámetros de diseño, los cuales son:

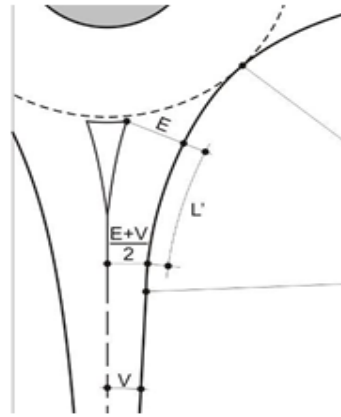


Imagen N°7.15: Parámetros de diseño de una RM. DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial

**Ancho Carril Aproximación (V):** Mitad del ancho de calzada del ramal de aproximación corriente arriba de cualquier cambio en el ancho asociado con la rotonda. Típicamente, la mitad del ancho de calzada no es más que el ancho total del carril de aproximación. Si no hay carril ciclista marcado, entonces el ancho se mide desde la cara del cordón en el lado derecho hasta el cordón de la isleta partidora, o línea de eje central pintado o marcado, en el lado izquierdo.

**Ancho de Entrada (E):** El ancho de entrada define el ancho donde se encuentra con el círculo inscrito. Se mide perpendicularmente desde la cara de cordón exterior hasta la cara de cordón interior en la isleta partidora. El ancho de entrada efectivo puede ser menor por factores de diseño y uso del suelo.

**Longitud Efectiva de Abocinamiento:** Típicamente, la mitad de la distancia entre V y E. En esta distancia, el ancho de la calzada de aproximación iguala el promedio de V y E. El abocinamiento debe desarrollarse uniformemente y evitar un quiebre brusco donde comienza el abocinamiento. La longitud total de abocinamiento total es el doble que la longitud efectiva de abocinamiento.

**Radio de Entrada:** El radio de entrada es el radio mínimo de curvatura del cordón exterior en una aproximación de entrada.

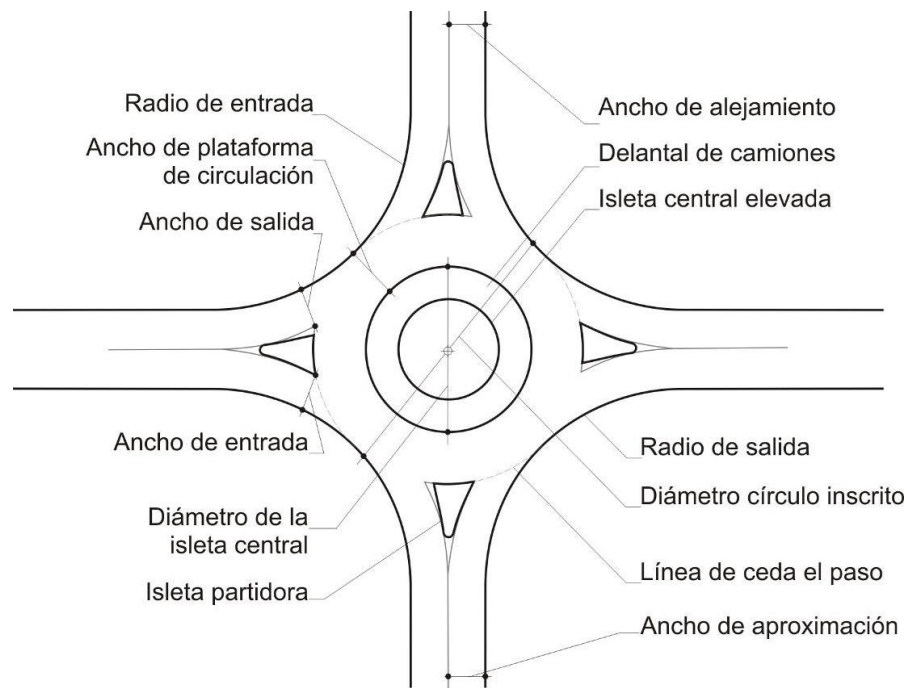


Imagen N°7.16: Elementos geométricos de una RM. DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial

**Diámetro Círculo Inscrito:** *El diámetro del círculo inscrito es el parámetro básico usado para definir el mayor tamaño de una rotonda. Es el diámetro mayor medido hasta el borde exterior de la calzada de circulación.*

**Ángulo de Entrada  $\Phi$  (Phi):** *El ángulo de entrada  $\Phi$  lo forman el eje de la entrada en el Ceda el Paso y la tangente al eje de la calzada circular en el punto donde se cruza con el anterior, no debe ser demasiado grande, porque provocaría maniobras incómodas para acceder a la plataforma circulatoria y podrían producirse accidentes graves con ángulos próximos a los  $90^\circ$ .*

*Tampoco demasiado pequeño, porque supondría una incorporación próxima a la tangencial, que favorece las altas velocidades de incorporación y dificulta la visibilidad hacia la izquierda, obligando al conductor a girar demasiado la cabeza. El valor conveniente es entre 20 y 40 grados, con un óptimo de 30 grados. Este ángulo es importante para la capacidad y la seguridad de las rotondas.*

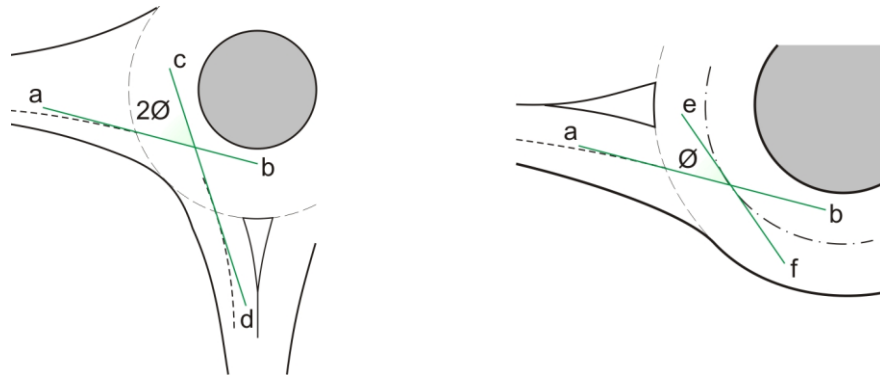


Imagen N°7.17: Ángulo de entrada a una RM. DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial

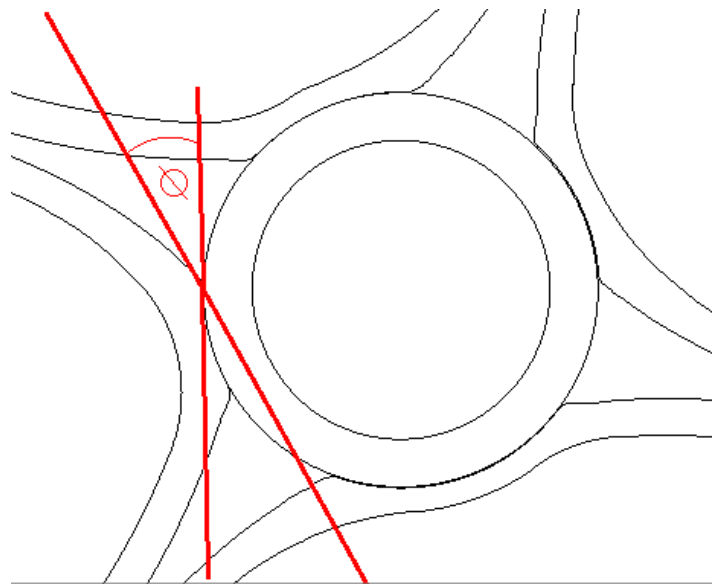


Imagen N°7.18: Para nuestra rotonda proyectada el ángulo de entrada  $\emptyset$  (Phi) es de  $27^{\circ}87'$ , muy cercano a los  $30^{\circ}$  que es el óptimo.

### 7.9.2. Diseño Geométrico de Rotonda Moderna.

“La operación y seguridad de la rotonda son especialmente sensibles a los elementos de diseño geométrico” (Guía informativa de la FHWA), a pesar de seguir las recomendaciones que se establecen en las Normas de Diseño Geométrico y Seguridad Vial podemos modificar o exceder ciertos valores recomendados para los parámetros geométricos de una rotonda para garantizar su seguridad volviéndose así un proceso iterativo que va de la mano de un criterio ingenieril por parte de los proyectistas buscando como fin acomodar la demanda de tránsito (vehículos, ciclistas y peatones) minimizando probabilidad de choques, demoras y costos de todos los usuarios.

A continuación, podemos apreciar valores recomendados para la geometría de una rotonda moderna de un carril:

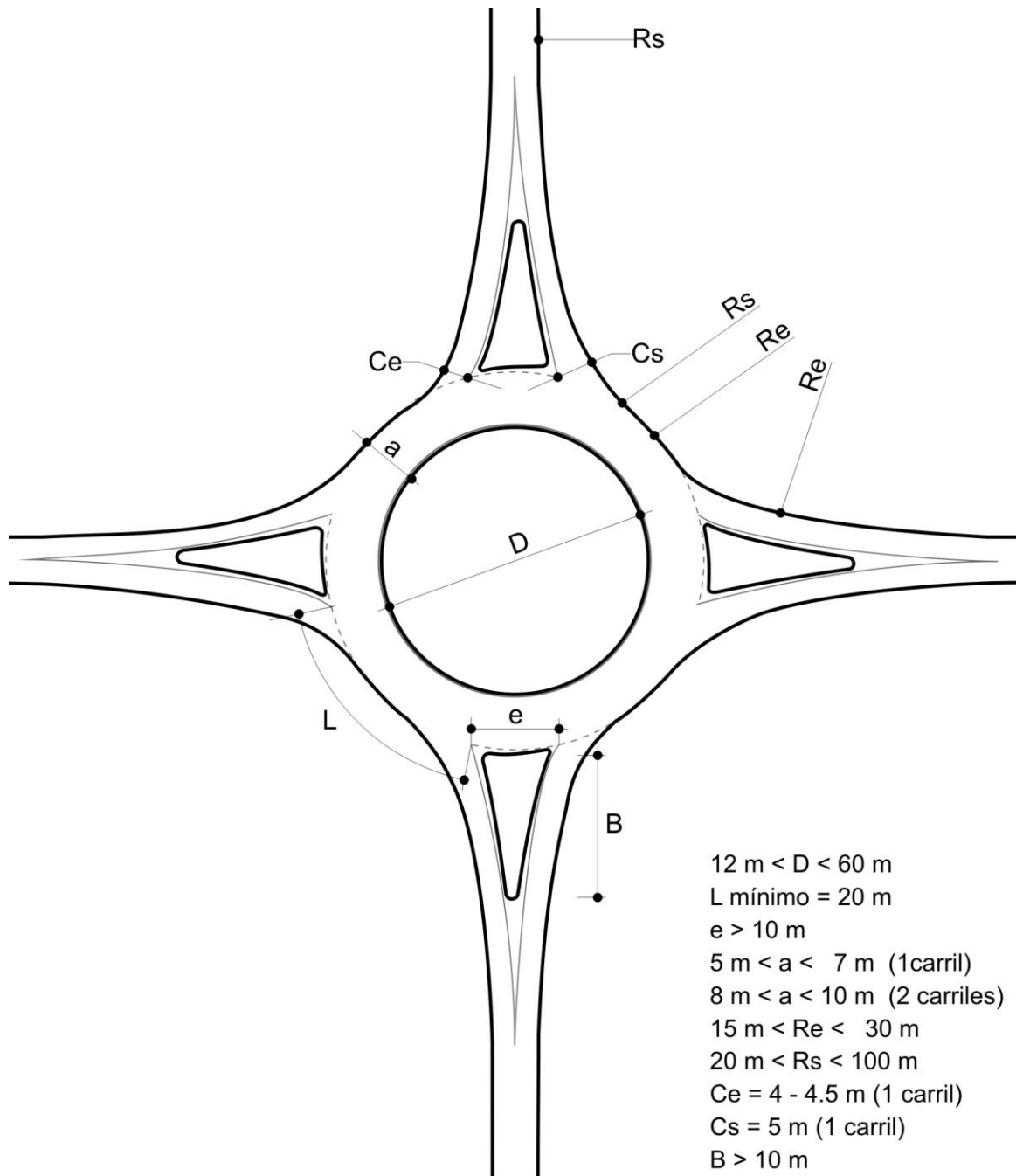


Imagen N°7.19: Resumen de la geometría recomendada para RM (1 carril)

(Adaptada de “Geometría de entradas y salidas. Dimensiones recomendadas” DNV – 97)

Tuvimos en cuenta los valores recomendados que se aprecian en la imagen de resumen y trabajamos de forma iterativa modificando los parámetros intentando lograr el mejor diseño a nuestro criterio, así cada valor se fue corrigiendo en base también a observaciones del lugar donde se emplaza la rotonda proyectada y además de observar geometrías y funcionamiento de rotondas ya existentes.

#### 7.9.2.a. *Isleta Central*

Se debe tener en cuenta su forma, tamaño, delantal y acondicionamiento.

- **Forma.** Se recomiendan isletas de forma circular o, a lo sumo, formas ovaladas de baja excentricidad (de 0,75 a 1), considerando que los cambios de curvatura pueden producir inestabilidad en la trayectoria de los vehículos. Dicho esto, la forma de nuestra isleta central es circular.

- **Tamaño.** Se recomiendan un tamaño medio, donde el radio mínimo y máximo de la isleta se fijan con el objetivo de conseguir una geometría segura de las entradas. El diámetro de nuestra isleta central es de 25m.

- **Delantal.** En determinados diseños donde la zona de camino, topografía u otras restricciones impiden la aptitud de expandir el diámetro inscrito, puede agregarse un delantal montable en el borde exterior de la isleta central. Esto provee superficie pavimentada adicional para permitir la sobrehuella de los semirremolques grandes sobre la isleta central típica con delantal traspasable, sin comprometer la deflexión de los vehículos chicos. El Delantal debe diseñarse de modo que sean traspasables por los camiones pero que desalienten el paso de los vehículos de pasajeros. Nuestro delantal diseñado tiene un ancho de 3m y una pendiente del 3% hacia afuera.

- **Acondicionamiento.** La parquización de la isleta central puede mejorar la seguridad al realzar la intersección e inducir a la reducción de las velocidades. Las plantas deben seleccionarse de modo que las distancias visuales indicadas en el apartado anterior se mantengan, considerando también el futuro mantenimiento. Deben evitarse los árboles grandes en zonas vulnerables a la salida de los vehículos fuera de la calzada.

#### 7.9.2.b. *Ancho de plataforma circulatoria.*

El ancho de circulación se basa en el tamaño de la rotonda y en el vehículo de diseño. Típicamente es 1 a 1,2 veces el ancho de la entrada más ancha. Está condicionado fundamentalmente por la capacidad, y por el sobrancho necesario en la trayectoria de los camiones. Basándonos en las geometrías recomendadas (DNI-97) adoptamos un ancho de plataforma igual a 6m.

#### 7.9.2.c. *Carril de entrada.*

Las funciones principales de la geometría de una entrada son:



- Conseguir una reducción adecuada de la velocidad de aproximación mediante curvaturas crecientes en el ramal de entrada;
- Permitirles a los conductores una correcta percepción de la intersección y orientarlos hacia la plataforma circulatoria en un ángulo  $\emptyset$  que garantice la mayor seguridad de la maniobra de entrada.
- Canalizar la con isletas partidoras para advertir al conductor de la proximidad de una intersección. Aseguran una mínima distancia de separación entre la salida y la entrada de un mismo ramal, sirven de soporte a la señalización vertical, y facilitan refugio para el cruce de peatones. Actuando sobre ellas pueden obtenerse los valores recomendados entre  $20^\circ$  y  $60^\circ$  para el ángulo de entrada  $\emptyset$ .

Debido al escaso radio de giro, es conveniente que el ancho de los carriles de entrada sea algo más amplio que lo habitual, entre 4 y 4,5 m. Es por ello que adoptamos 4m de ancho para el carril de entrada (Ce).

#### 7.9.2.d. Carril de salida.

Objetivo principal: facilitar a los vehículos el abandono de la calzada circular y aumentar la velocidad hasta la recomendada en el camino en el que se integran.

No es necesario diseñar flexiones artificiales en las salidas, como conviene hacer en las entradas, ni reducir sus radios, sino utilizar radios amplios que faciliten la fluidez del tránsito. Se aconsejan radios de más de 40 metros y, en todo caso, nunca inferiores a los 20 m. También, para facilitar el abandono de la calzada circular los carriles de las salidas suelen diseñarse más anchos que los de las entradas, reduciéndose paulatinamente al ancho del carril tipo del camino. Son habituales anchos de 5 metros para un carril de salida por lo que adoptamos dicho valor para el nuestro (Cs).

### 7.9.3. SEÑALIZACIÓN

Las señales deben responder a las normas nacionales, en nuestro caso respetan lo dispuesto en la Ley Nacional de Tránsito N°24449 Anexo L.

Las señales claves en una rotonda son la reglamentaria de CEDA EL PASO y la de prevención CEDA EL PASO A XX METROS. Para la intersección con RP 87S dispondremos de señal PARE para ambos sentidos sobre el camino secundario.



Imagen N°7.20: Señales de tránsito

Se debe brindar información al conductor en forma clara a través de un lenguaje común en todo el país. Su ubicación específica busca brindar calidad y seguridad a los automovilistas que circularán por las intersecciones conjuntamente con demarcaciones horizontales en el pavimento.

También dispondremos de señalización adicional que brinde mayor información al conductor en la proximidad y circulación sobre rotonda del tipo que se puede observar en la siguiente imagen.

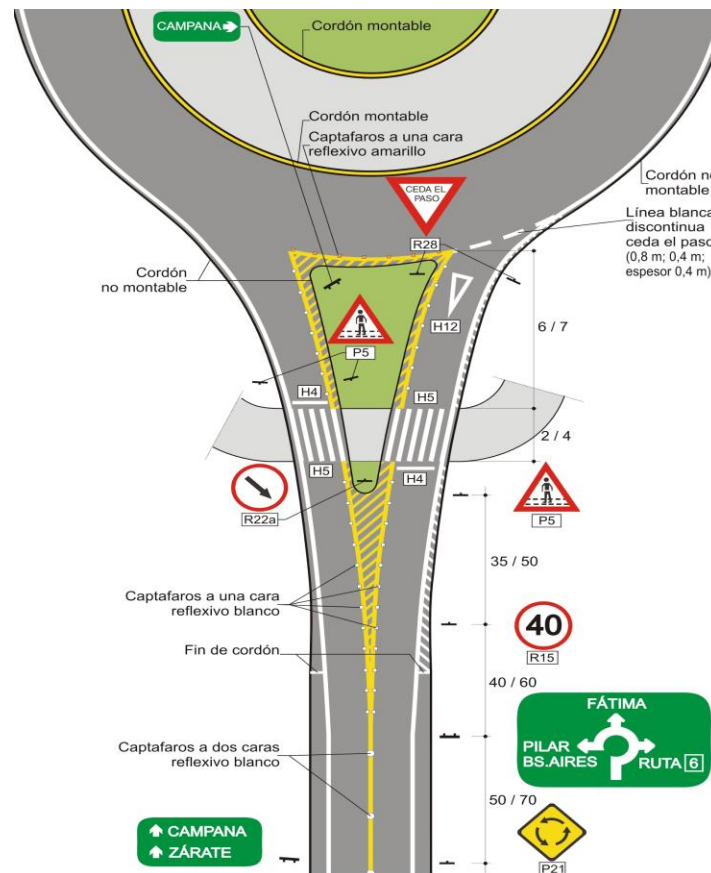
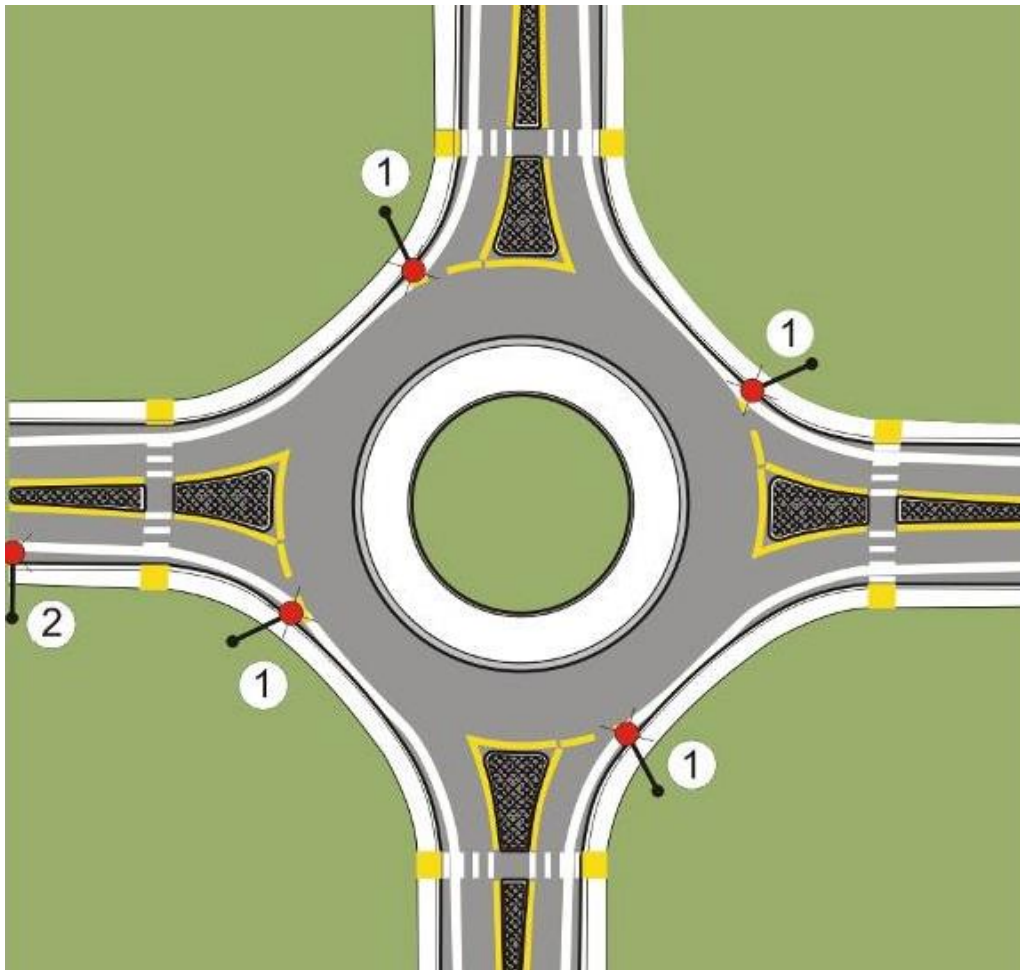


Imagen N°7.21: Esquema de ubicación de señales de tránsito. DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial

#### 7.9.4. ILUMINACIÓN Y PAISAJISMO

La iluminación se realiza con postes ubicados en los laterales de la intersección haciendo foco especialmente en iluminar las zonas de conflictos como por ejemplo en zona de ceda el paso, cruce de peatones o al comienzo de isleta partidora.

En ambas intersecciones que convergen con nuestro proyecto dispondremos luminarias que garanticen una clara distinción del lugar con las cuales un conductor pueda percibir que está próximo a un evento de conflicto mientras se desplaza y pueda anticiparse a realizar las maniobras correspondientes para salvar de forma segura los cruces con otros caminos.



*Imagen N°7.22: Iluminación con postes laterales. DNV – Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial*

En cuanto al paisajismo se busca hacer que la isleta central sea más visible para que el conductor perciba que ocurre algo delante de él y aminore la velocidad de marcha, para ello se pueden colocar plantaciones que garanticen una distancia visual adecuada, pero a su vez no alienten a peatones a cruzar sobre la misma como puede ocurrir si utilizáramos diseños de jardinería, menos aún bancos, monumentos o mobiliario urbano. El paisajismo en los

alrededores puede ser productivo para apreciar de lejos la proximidad de una intersección, pero a su vez también puede restringir la distancia visual, obstaculizar la observación de peatones u otros obstáculos próximos a la calzada.

El material y color del delantal para camiones debe armonizar con el paisajismo de la rotonda, pero diferenciarse de las aceras para disuadir a los peatones de cruzar la plataforma.

## 7.10. ROTONDA PROYECTADA

Decidimos adoptar una rotonda en la intersección con RN51 debido a que buscamos brindar la mayor seguridad posible tanto a vehículos como a peatones. También porque a futuro prevemos que el parque automotor en crecimiento y la rápida urbanización de la zona harán que se incremente el promedio de TMDA de ambos caminos y con implementación de una rotonda moderna tendremos una mejor administración del tránsito que va a confluir en esta intersección.

Siguiendo las recomendaciones de Normas de Diseño geométrico y Seguridad Vial conjuntamente con la observación de proyectos ya creados trabajamos de forma iterativa para lograr ajustar los parámetros geométricos de nuestra rotonda moderna de un carril. Nuestro camino está emplazado en una zona que se ve rodeada por un rápido crecimiento urbano razón por la cual decidimos adoptar medidas adicionales para la circulación de peatones y ciclistas.

La geometría de esta rotonda proyectada se compone de una isleta central con diámetro de 25m, ancho de plataforma de circulación de 6m, un delantal para camiones de 3m de ancho llegando con eso a un diámetro inscripto de 43m. Podemos observar dichos patrones volcados en la siguiente imagen que refleja el trabajo realizado en Autocad Civil 3D software que utilizamos para modelar nuestro camino e intersecciones.

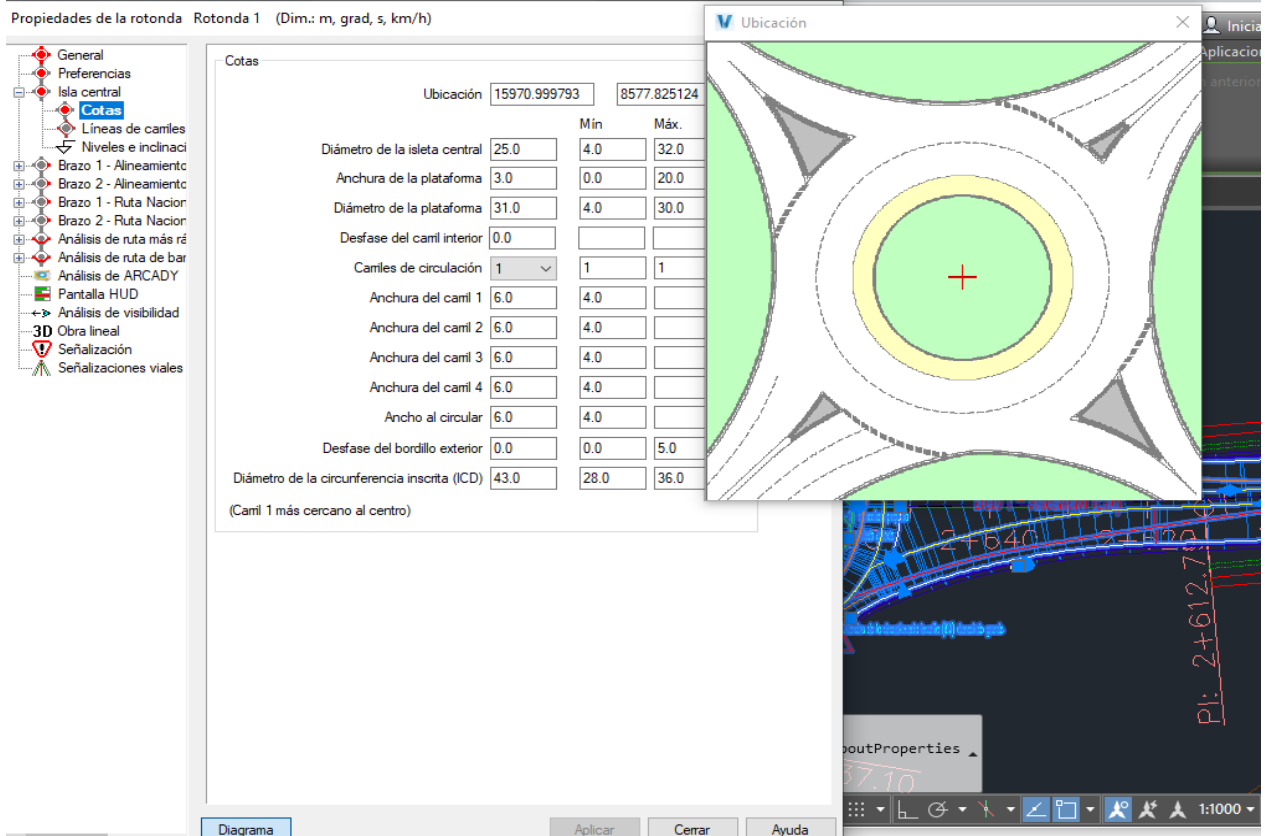


Imagen N°7.23: Parámetros de rotonda definidos en Software Autocad Civil

Los carriles de entrada poseen un ancho de 4,5m con un radio de entrada ( $R_e$ ) igual a 20m, mientras que los carriles de salida van hasta los 5m con un radio de salida ( $R_s$ ) de 40m con lo que buscamos que el conductor tenga más facilidades y sea invitado a salir más cómodamente de la intersección.

Construcción del borde exterior de la calzada  
 Método de cálculo: Arco único

Se expresa como distancias

	Min.	Máx.
Radio de entrada	10.0	70.0
Radio de inclinación de entrada		
Radio entre ramales	0.0	100.0
Radio de salida	15.0	20.0
Radio de inclinación de salida		

Se expresa como relaciones del radio del círculo inscrito

Mantener las relaciones al cambiar el radio inscrito

	Min.	Máx.
Relación del radio de entrada		
Relación del radio de inclinación de entrada		
Relación del radio entre ramales		
Relación del radio de salida		
Relación del radio de inclinación de salida		

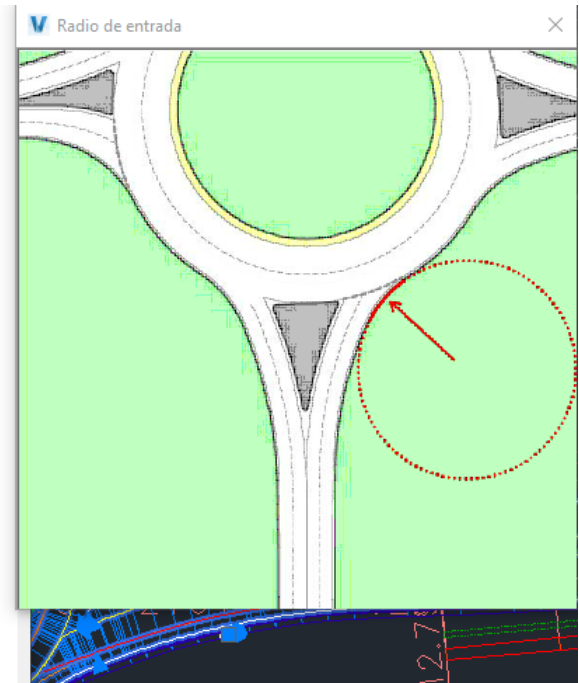


Imagen N°7.24: Parámetros de rotonda definidos en Software Autocad Civil

La diferencia entre los anchos de entrada y salida respecto al ancho normal de cada camino que llega a la rotonda tendrá una transición de forma suave desarrollada en 60m hasta llegar a su valor final a este elemento se lo denomina triángulo de construcción y lo podemos observar en la siguiente imagen.

Construcción del borde exterior de la calzada  
 Método de cálculo: Arco de línea  
 Objetivo de arcos de entrada: Plataforma

Hacer una alineación ajustada recta en la región del triángulo de construcción

Se expresa como distancias

	Min.	Máx.
Anchura del triángulo de construcción		
Longitud del triángulo de construcción		
Desfase inicial del triángulo de construcción		
Desfase central del triángulo de construcción		
Radio de entrada	0.0	100.0
Radio de inclinación de entrada		
Radio de salida	0.0	100.0
Radio de inclinación de salida		

Se expresa como relaciones del radio del círculo inscrito

Mantener las relaciones al cambiar el radio inscrito

	Min.	Máx.
Relación de anchura del triángulo de construcción		
Relación de longitud del triángulo de construcción		

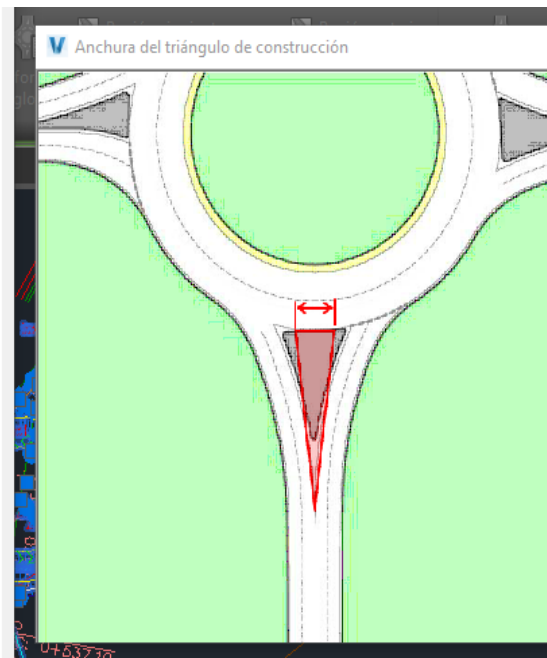


Imagen N°7.25: Parámetros de isletas partidoras definidos en Software Autocad Civil



Al observar el rápido crecimiento urbano decidimos equipar nuestra intersección rotonda con cruces peatonales ubicados a 6 metros respecto de la línea de ceda el paso, esta distancia la adoptamos pensando en el hecho de salvaguardar dos vehículos, un semirremolque o autobús, el ancho de la senda peatonal es de 2,5m y en el centro de la isleta partidora posee un refugio de igual ancho 2,5m en donde cabe una persona con un coche de bebés en forma holgada logrando así que los peatones crucen una rama de tránsito a la vez logrando mayor seguridad.

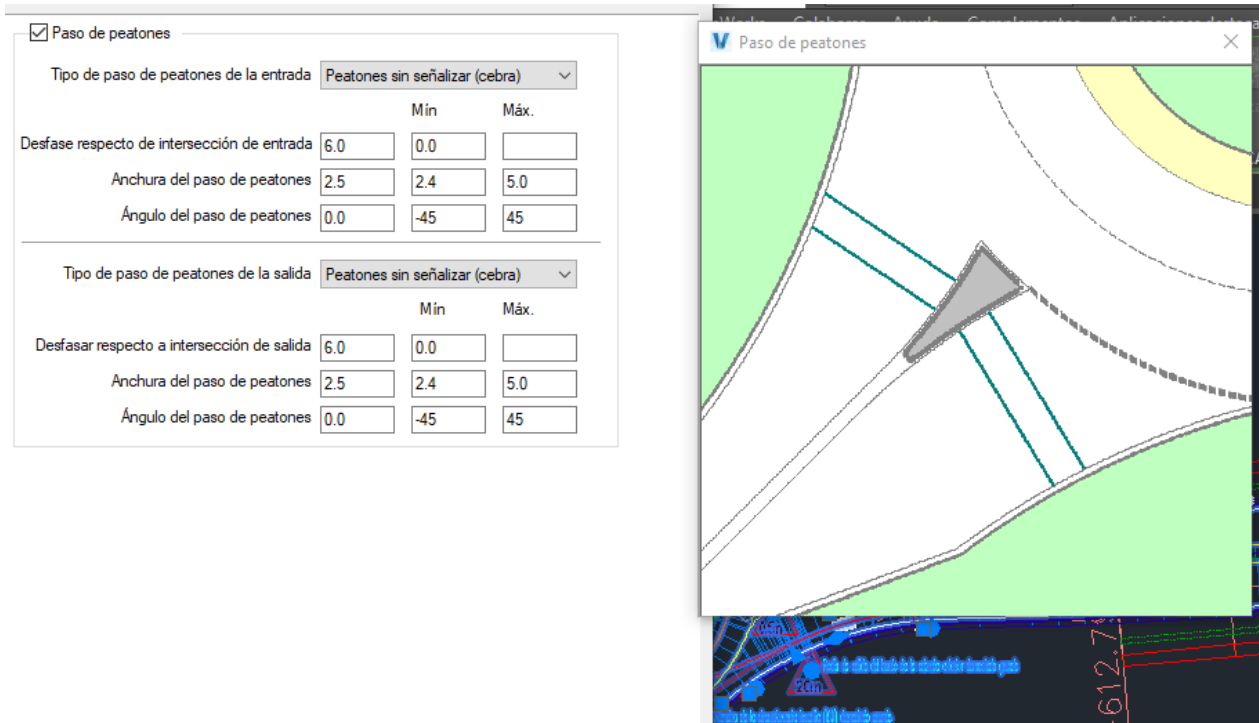


Imagen N°7.26: Parámetros de sendas peatonales definidos en Software Autocad Civil

La isleta partidora que alberga el refugio para peatones posee un largo de 18m, tiene forma triangular con una base (e) igual a 6m resguardada por una separación de carriles que comienza a 60m de distancia respecto a la línea de ceda el paso (triángulo de construcción).

### 7.10.1 PLANIMETRÍA DEL PROYECTO

En los planos adjuntados se podrán observar en detalle las intersecciones adoptadas para cada cruce de rutas que atraviesa nuestro proyecto, en él se reflejan las curvas de nivel correspondientes y las pendientes que debemos salvar como así también tener una idea de cómo y hacia donde escurre el agua proveniente de precipitaciones.

### 7.10.2. PLANO DE REPLANTEO

Se hizo el replanteo de nuestra rotonda proyectada levantando puntos separados a una distancia de 10m, afortunadamente la zona en la que se emplaza nuestra rotonda no posee inclinaciones marcadas, se encuentra en una zona bastante llana por lo que no hubo que realizar grandes movimientos de tierra en esta parte. La planimetría de esta parte se puede

observar en el plano adjunto correspondiente con el replanteo de rotonda moderna (Lámina N°2).

### 7.10.3. PERFILES TRANSVERSALES

En lámina N°4 se especifican cuatro cortes tipos de las geometrías longitudinales de la rotonda moderna proyectada. Dichos cortes corresponden a:

- Corte isleta central.
- Corte de calzada RN N°51.
- Corte de calzada del camino proyectado.
- Corte de isletas partidoras

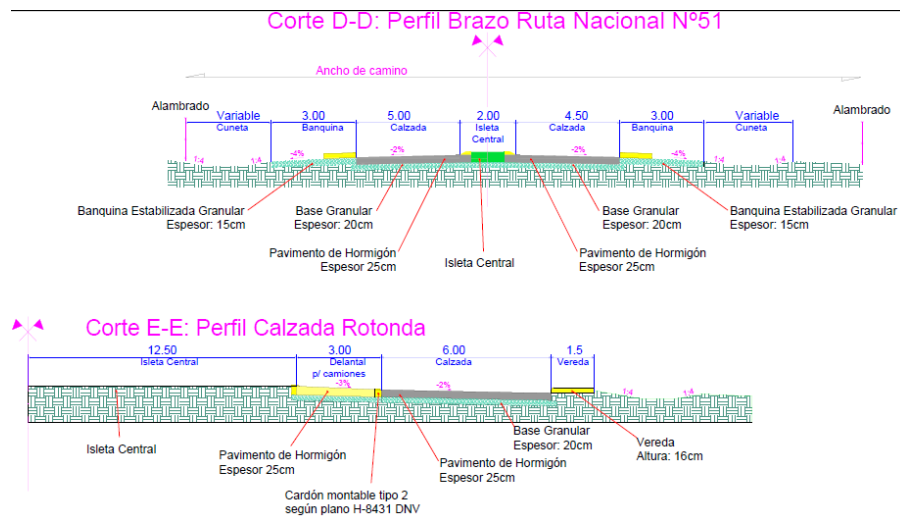


Imagen N°7.27: Perfiles transversales de rotonda proyectada.

### 7.10.4. PLANO DE JUNTAS DE PAVIMENTOS

Proyectamos materializar la rotonda moderna con pavimento rígido ya que el mismo tiene buen comportamiento frente a las fuerzas tangenciales producidas por la detención y arranque de vehículos en su paso por la misma.

El espesor de la losa de hormigón se determinó en función de las características de la subrasante, la resistencia del H° y la carga a la que será solicitada. Para llegar al espesor indicado trabajamos con las fórmulas del Ingeniero Pickett del P.C.A. (Posiciones críticas de carga por eje adaptada) trabajando con los valores de CBR, K de la subrasante, cargas y tensiones admisibles.

Para tener un buen comportamiento del pavimento rígido las partes componentes deben vincularse mediante diferentes tipos de juntas las cuales se utilizarán según la sollicitación a la que puede llegar a ser sometida una determinada losa en análisis. Lograr materializar una buena junta entre losas significa tener bajos costos de conservación ya que mantendrá su capacidad estructural no dando lugar a fallas que aparecen regularmente en



pavimentos rígidos como ser el bombeo, astillamiento, levantamiento de losas o escalonamiento. Teniendo en cuenta los factores anteriores trabajamos con:

1. Juntas transversales de contracción o Longitudinales de articulación para controlar la formación de fisuras.

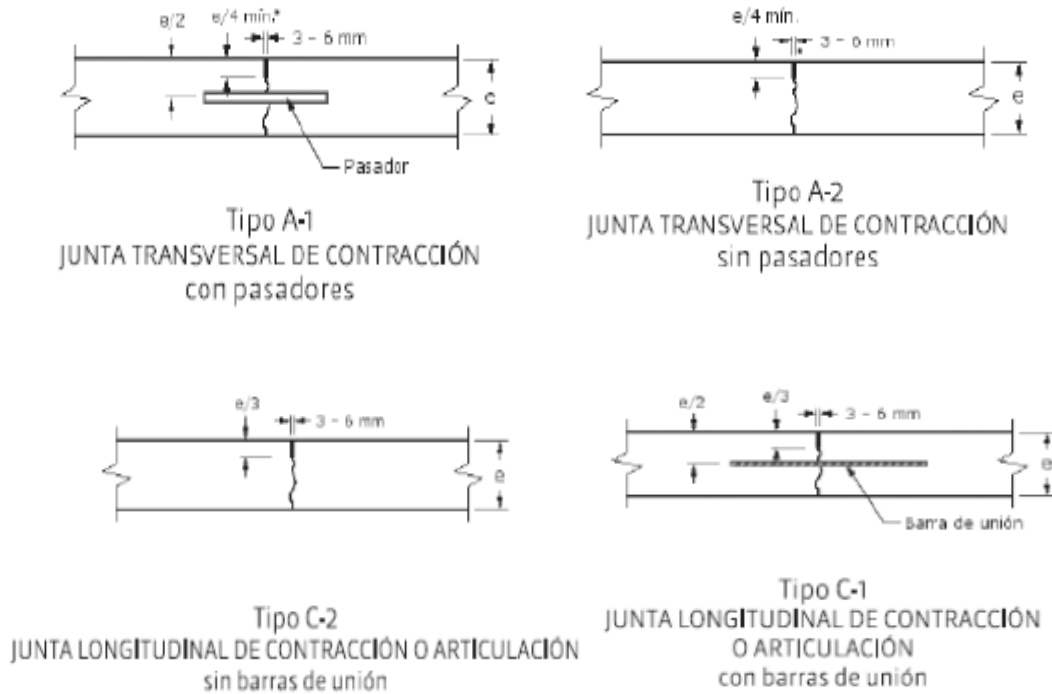


Imagen N°7.27: Juntas de contracción

2. Juntas transversales o Longitudinales de construcción para dividir dos zonas pavimentadas en diferentes momentos.

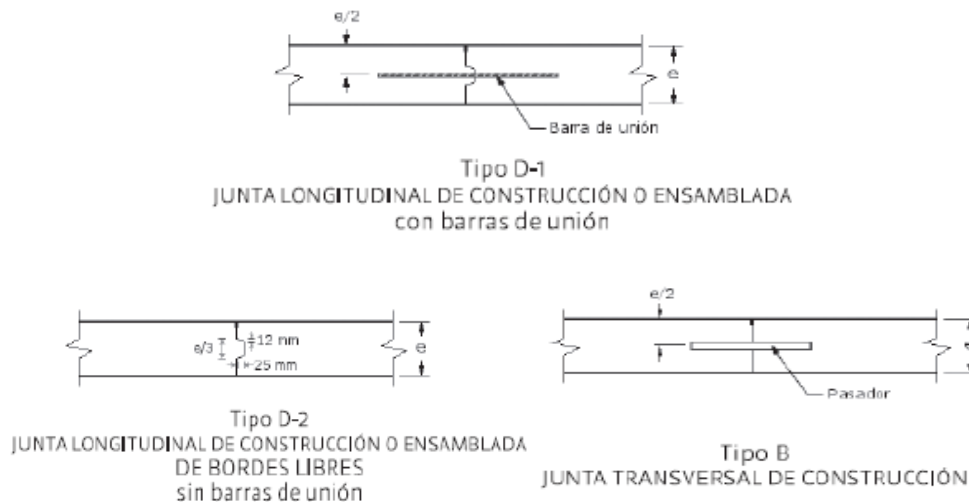


Imagen N°7.28: Juntas trasversales

### 3. Juntas de dilatación para absorber movimientos relativos.

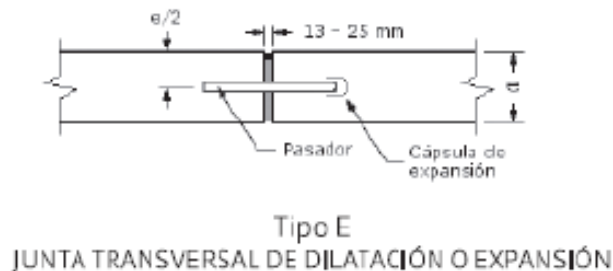


Imagen N°7.29: Juntas de dilatación

En el encuentro entre el pavimento rígido de la rotonda moderna y los pavimentos flexibles que materializan nuestro proyecto de ruta (RP 95) y RN 51 debemos realizar un elemento de convergencia diseñado para lidiar con la diferencia de rigideces que presentan los mismos. Este elemento constructivo debe proveer además una transición suave entre pavimentos y lograr evitar posibles fallas como ser lomadas originadas por empuje del H° o fallas en la misma losa de H°, por lo que en estos puntos críticos colocamos juntas especiales para trabajar con la dilatación o denominadas, juntas de aislación como se observa en las siguientes figuras. Cada junta utilizada se detalla en la Lámina 6- Plano de Juntas; adjuntada en Anexo 7.

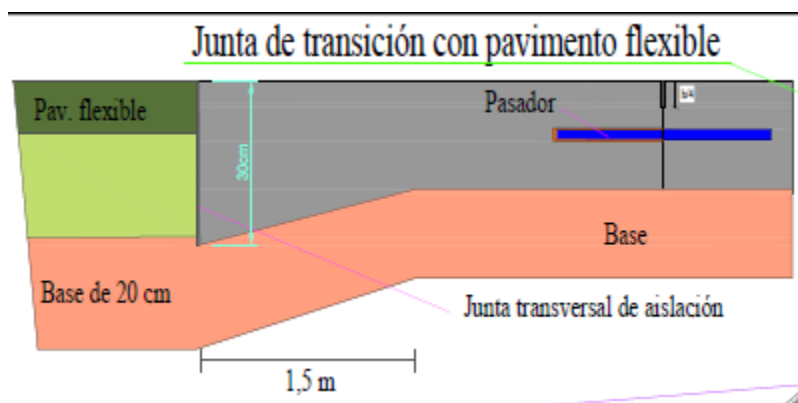


Imagen N°7.30: Junta de transición con pavimento flexible

#### 7.10.5. PLANO DE SEÑALIZACIONES

Según el Sistema de Señalización Uniforme en las intersecciones siempre se debe ceder paso al vehículo que circula por la derecha salvo cuando la señalización indique lo contrario. Tanto en giros y rotondas es importante respetar la señalización indicada para una



Distribución de Línea auxiliar de Reducción de Velocidad LRV

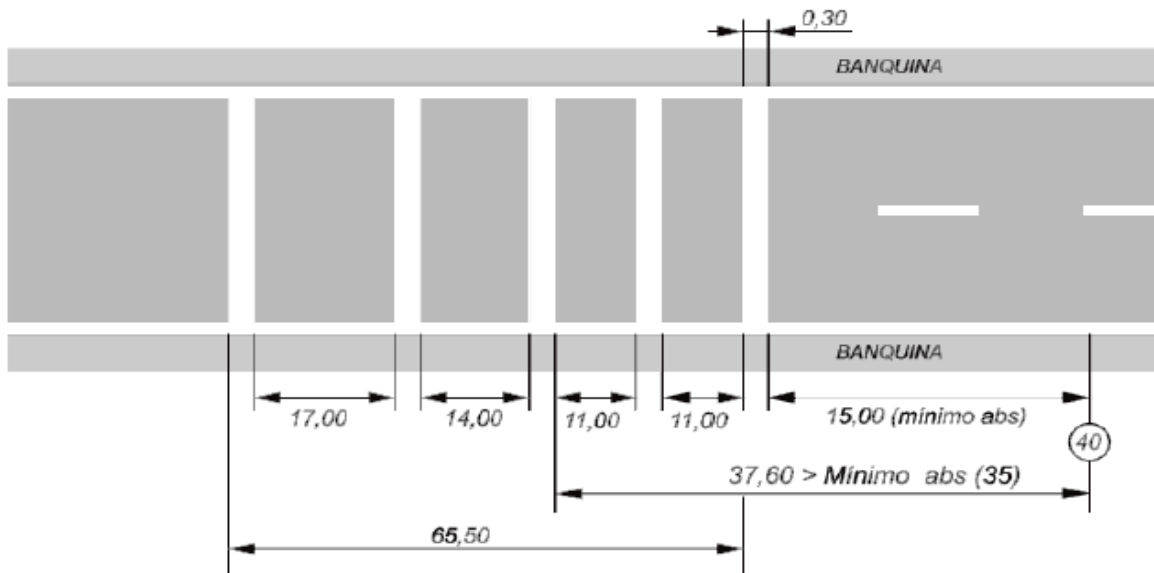


Imagen N°7.32: Bandas de reducción de velocidad. Manual de señalamiento vertical de vialidad nacional. Edición 2017

En la intersección con RP 87S adoptamos lo correspondiente indicado para cruces de caminos secundarios no pavimentados como se puede observar a continuación:

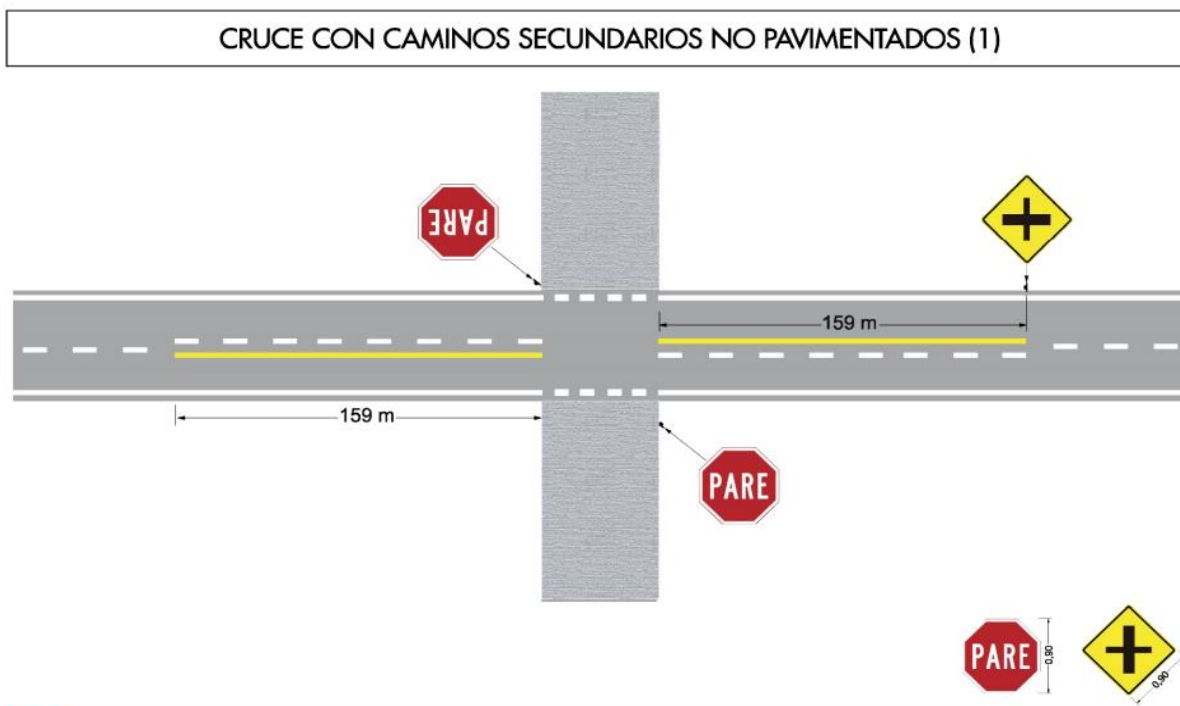


Imagen N°7.33: Esquema tomado de: Manual de señalamiento vertical de vialidad nacional. Edición 2017

Aramayo Clara Luz, Oulier Gustavo Adolfo

### 7.10.6. PLANO DE ILUMINACIÓN

En la intersección con RN N°51 se dio prioridad iluminar a los sectores conflictivos y a partir de ello dispusimos los postes de tal manera que se alcance a distribuir la iluminación de la forma más eficiente posible. Cada luz incide hacia abajo un círculo de 30m de diámetro, con este dato realizamos la colocación de los mismos como se observa detalladamente en la correspondiente lámina.

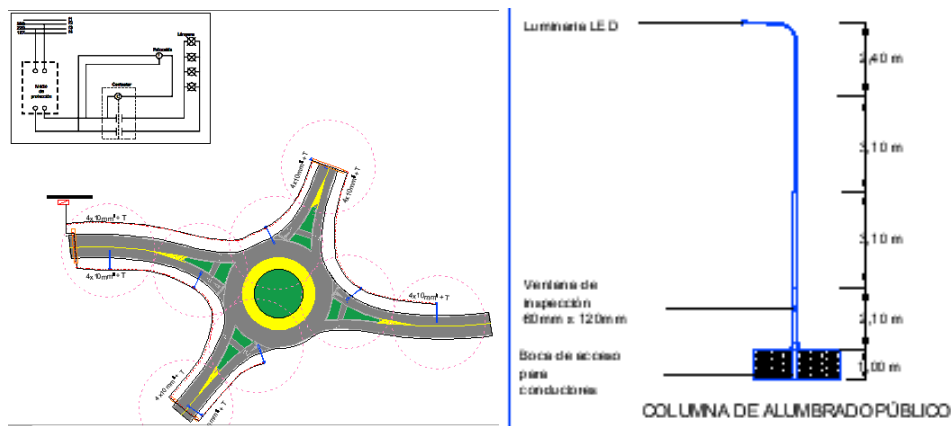


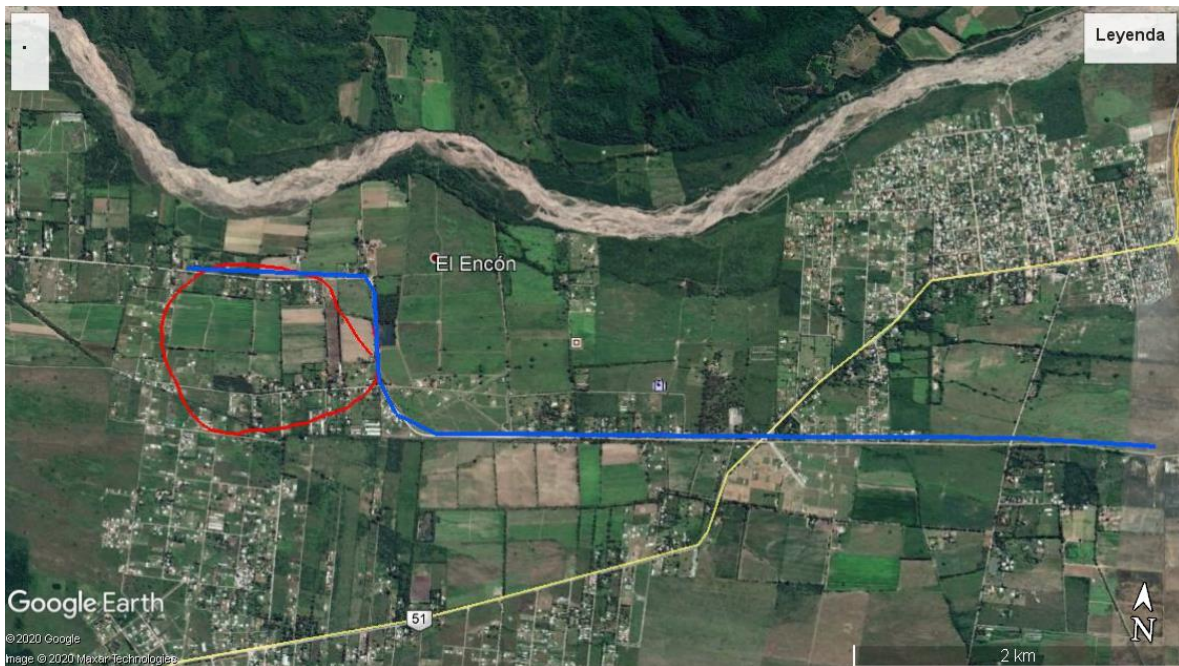
Imagen N°7.34: Esquema de iluminación en rotonda

## CAPÍTULO 8: OBRAS DE ARTE MENORES

### 8.1. INTRODUCCIÓN

Ante la caída de grandes precipitaciones en determinado momento el agua dejará de infiltrarse en el terreno (se supera la capacidad de infiltración) y comenzará a escurrir siguiendo la pendiente natural del terreno. Es por ello que luego de analizar las curvas de nivel que rodean nuestro proyecto ha de ser necesario se realizarán las obras de arte pertinentes para permitir que el agua pluvial siga su curso natural evitando así posibles inundaciones, formación de pequeños diques y hasta la obstrucción del mismo camino. Debemos evitar estos inconvenientes y prever futuros problemas que pudieran llegar a generarse luego de que se altere el suelo del lugar, además, el agua acumulada puede afectar la estructura que conforma el paquete estructural diseñado, conllevando luego a un posterior deterioro de la cinta asfáltica del proyecto.

Tras el análisis de las cuencas que conviven con nuestra traza y las posibles interferencias que podemos llegar a crear en el escurrimiento decidimos colocar siete alcantarillas para lograr un traslado de aguas lo más natural posible. A modo de ejemplo se muestra el cálculo sobre alcantarilla número cinco ubicada en progresiva 5+165, la cual se ve afectada por la cuenca delimitada en color rojo como se observa en la imagen a continuación. Analizamos todos los factores y calculamos los valores que afectarán las dimensiones y diseño de esta alcantarilla. El cálculo de las alcantarillas complementarias se detalla en Anexo 5: Cálculo de Alcantarillas.



*Imagen N°8.1: Zona de implantación de alcantarilla*

- **Cuenca analizada**
- **Traza del proyecto**

## 8.2. CÁLCULO HIDROLÓGICO

Procedemos a calcular el caudal de diseño. Mediante la medición de los parámetros de la cuenca adoptada obtuvimos, utilizando el Método Racional, la velocidad de escurrimiento y con ello podemos estimar una sección para nuestra alcantarilla.

Perímetro de la cuenta= 3.299m = 3.3 km aprox

Área de la cuenca: 742,75 m<sup>2</sup> = 0,742 km<sup>2</sup> = 7,5 Hectáreas aprox.

Longitud de escurrimiento más largo = 1.241m = 1,24 km

Recurrencia 25 años

$$Q = \frac{CxIxAc}{360}$$

Donde:

- Q= Caudal
- C= Coeficiente de esorrentía según zona (Adoptamos C=0.50)
- I = Máxima intensidad promedio en el periodo de recurrencia
- Ac = área de la cuenca en km

Para conocer la intensidad necesitamos calcular un tiempo de concentración (Tc)

$$tc = \left( 0,87x \frac{L^3}{Dh} \right)^{0,385}$$

*Expresión de Kirpich*

- L= longitud del escurrimiento más largo = 1,241 km
- Dh= diferencia de alturas entre el punto más alto y más bajo.
- Dh= 1.367 m – 1.348 m = 19 m
- Tc= 0,39 hs = 23,48 min

Con el tiempo de concentración calculamos la intensidad promedio con la ayuda de curvas IDF para la ciudad de Salta, lo que nos da un valor I= 123 mm/h



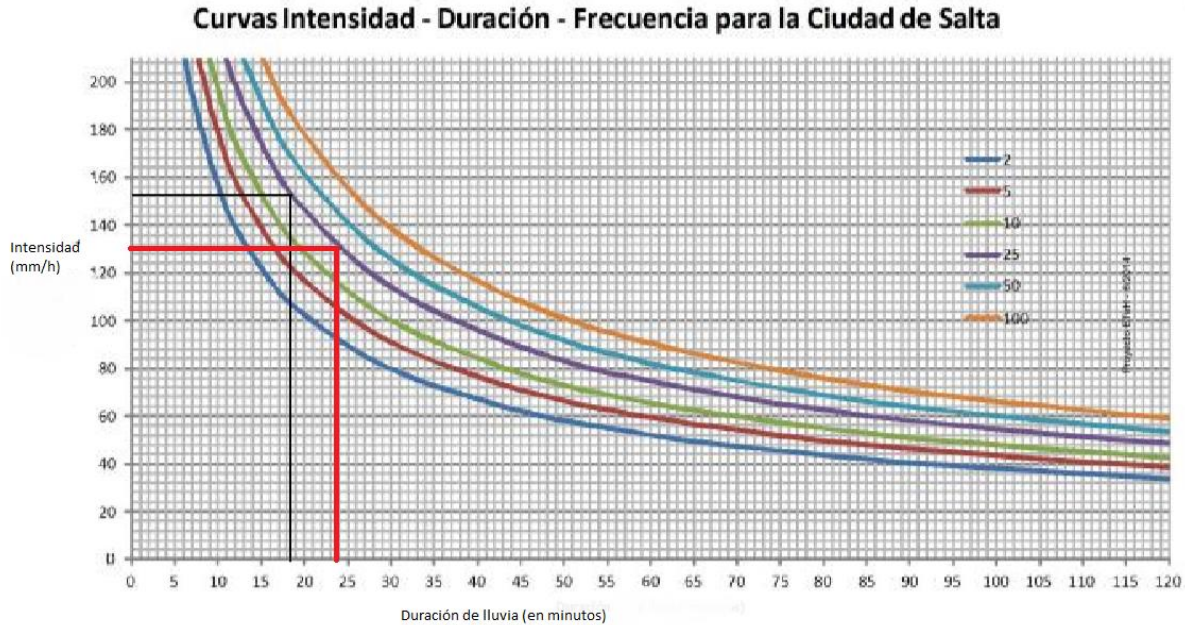


Imagen N°8.2: Curvas IDF para la ciudad de Salta

Con estos valores obtenemos el caudal **Q= 1,28 m3/seg**

### 8.3. CÁLCULO DE ALCANTARILLA

Proyectamos entonces una alcantarilla cuya sección sea capaz de evacuar un caudal de 1.28m3/seg (Qnec.), para ello trabajamos ingresando parámetros de una alcantarilla tipo y realizamos si verifica el caudal necesario.

Nuestra alcantarilla será de hormigón armado con geometría circular diámetro d=0,80 m con lo cual su perímetro es P=2.51m y su área A=0,50m<sup>2</sup>

Calculamos la velocidad con la fórmula de Manning:

$$v = \frac{1}{n_i} \times R_i^{\frac{2}{3}} \times S_i^{\frac{1}{2}}$$

- ni= Coeficiente de rugosidad, para hormigón armado será 0,013
- Ri= Radio hidráulico = área/perímetro; 0,50m<sup>2</sup>/2,513m=0,19m
- Si= Pendiente media del terreno = 0,016

Con estos valores obtenemos la velocidad: V=3,31 m/s, y como  $Q = V \times A$  podemos ver que caudal evacuará nuestra sección adoptada.

$$Q_{alc} = V \times A = 3,31 \frac{m}{s} \times 0,50m^2 = 1,66 \frac{m^3}{s}$$



Por lo que verifica la sección que adoptamos para cálculo ya que su caudal de evacuación es mayor al caudal necesario  $Q_{nec} = 1,28m^3/s$ . Se especifican todos sus parámetros detalladamente en lámina Alcantarillas. Sin embargo, el diámetro comercial que se utiliza mayormente para los caños pre moldeados que conforman estas alcantarillas es de un metro, medida que adoptamos para todas las alcantarillas del proyecto, realizamos la verificación de caudal de evacuación con el procedimiento que se explicó más arriba para cada alcantarilla y observamos que todas verificaban con un remanente aproximado o mayor a un tercio de su capacidad. La razón de esta verificación tiene de fondo las fórmulas que utilizamos para el cálculo de los caudales, ya que son fórmulas para canales abiertos, y buscamos que las alcantarillas no trabajen a sección llena, cabe también aclarar que el agua pluvial que cruzará cada alcantarilla transportará sedimentos, materiales en suspensión (hojas, ramas, desechos, etc.) y al adoptar una sección mayor a la necesaria nos brindará un remanente de seguridad para estos casos mencionados, como así también presentará ventajas en su mantenimiento resultando más fácil de limpiar a diferencia de caños de menor diámetro.

Realizamos el detalle constructivo de la alcantarilla según los planos tipo para obras de arte menores de la Dirección Nacional de Vialidad, adoptando una alcantarilla de hormigón armado de 1,00m de diámetro.

Los caños de hormigón premoldeado son utilizados para la construcción de alcantarillas, conducción de agua, puentes sobre canales o acequias y desagües pluviales. Para nuestras alcantarillas usamos caños calidad “A82”: Son fabricados con una armadura en espiral, que responden a las especificaciones de la dirección nacional de vialidad (DNV) para la utilización en rutas nacionales.

Para su colocación debe asegurarse que el fondo del canal esté firme y compactado. En caso de presencia de barro o material poco firme es recomendable quitarlo, agregar 15 cm de material calcáreo y luego compactarlo.

Realizar una pequeña excavación de 5 a 10 cm, dependiendo del caño, a cada 1m de largo de manera que ahí pueda ingresar el encastre campana. De esta manera todo el cuerpo del caño queda asentado sobre el terreno firme, luego se colocan los caños mediante hidrogrúa o un tracto-elevador y finalmente se rellena y compacta por capas de a 20 cm, principalmente en la parte inferior del caño, para evitar posibles roturas.

Es recomendable realizar una tapada con material calcáreo por sobre el nivel superior del caño de por lo menos 40 cm. En caso de que los niveles de canal y calzada no permitan esta altura de tapada, se recomienda realizar una platea superior de hormigón armado de 15 cm.

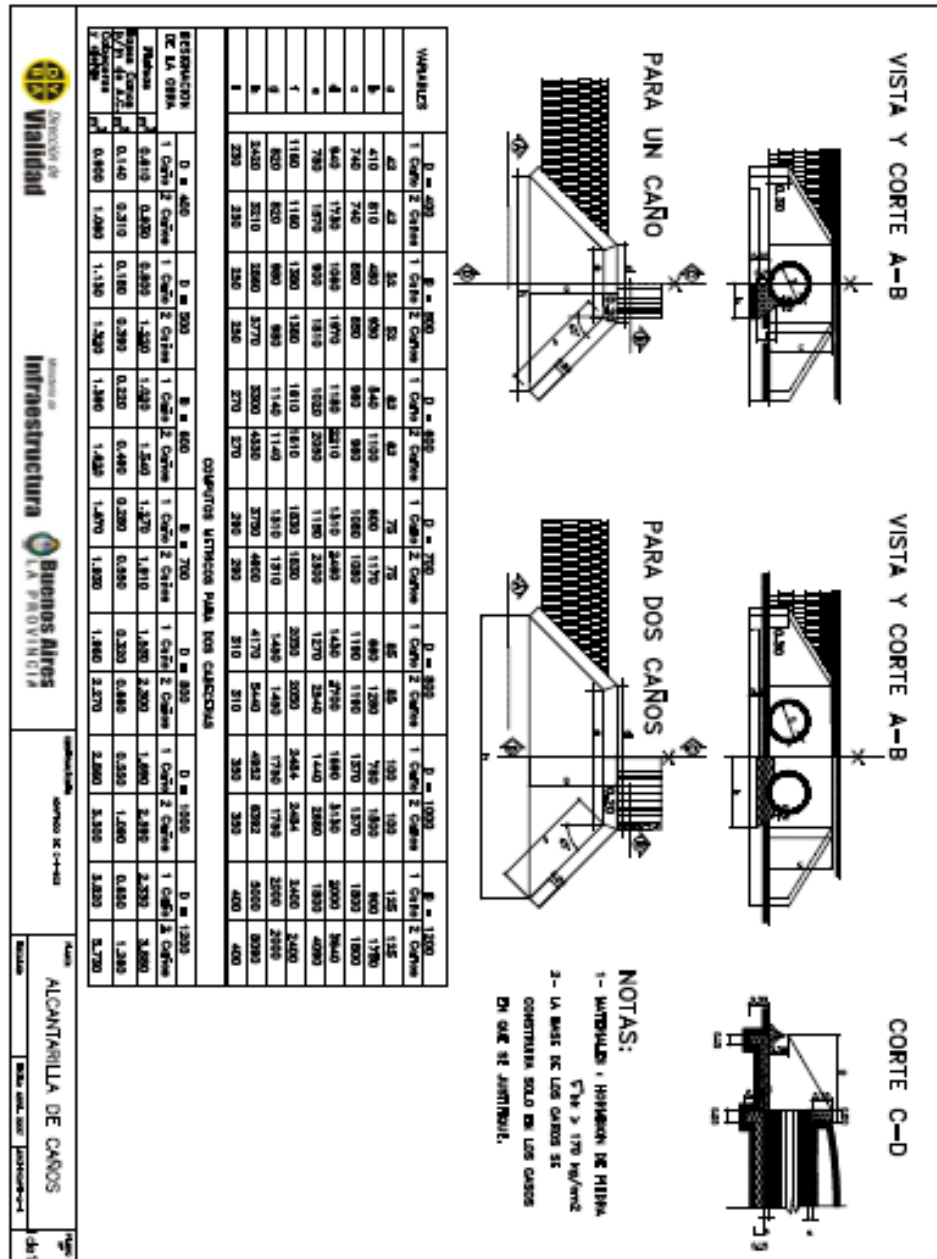
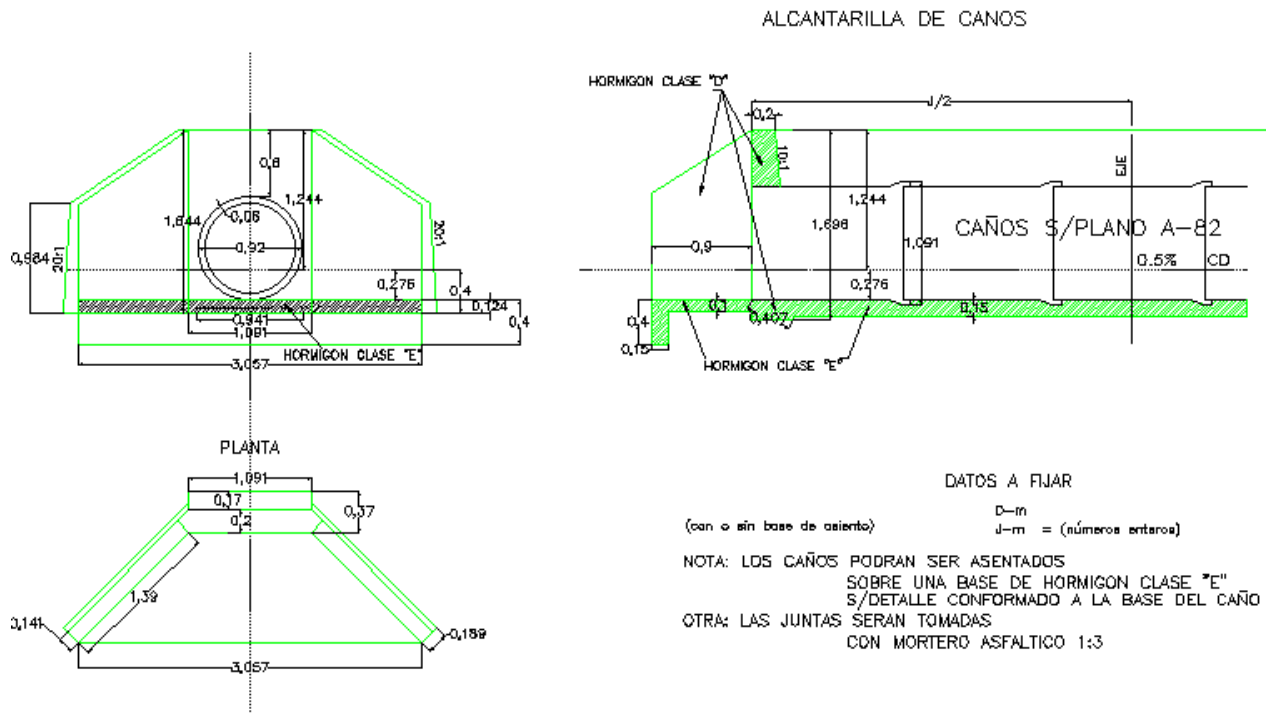


Imagen N°8.3: Plano Tipo Alcantarilla de Caños de la Dirección Nacional de Vialidad



*Imagen N°8.4: Detalles de alcantarilla*

Se conformarán las alcantarillas con los caños prefabricados de Hormigón comprimido. El cuerpo principal de caños irá apoyado sobre hormigón pobre H-8 (hormigón clase E), las juntas serán tomadas con mortero asfáltico (1 parte de cemento asfáltico con 3 partes de arena) para lograr su estanqueidad.

Para las cabeceras cada medida de caño cuenta con un conjunto de piezas que permiten construir las cabeceras en forma rápida y sencilla, sin necesidad de realizar obra húmeda. Cada cabecera está compuesta por una pieza central pre fabricada (de hormigón H-21) donde se inserta el caño, y dos alas que se abulonon a la primera mediante bulones galvanizados para evitar su deterioro con el paso del tiempo. De esta manera se logran conformar los extremos de las alcantarillas.

## CAPÍTULO 9: EXPROPIACIONES

Al proyectar nuestro camino, luego de indagar diferentes cuestiones y consultar con gente de organismos provinciales decidimos ajustar nuestro proyecto en un ancho de 35m, pero avizoramos que a futuro sería recomendable ampliar un análisis de títulos y lograr un ancho de 70m que es lo adecuado para caminos de categorías primarias. A pesar de no ser un margen muy amplio, de igual forma la utilización del mismo requiere de la expropiación de propiedades privadas que se encuentran a la vera del camino, mayormente se trata de fincas y en menor medida viviendas. Cabe mencionar que, en las zonas de intersección, la expropiación abarca los lugares necesarios para desarrollar las partes componentes de rotonda y triángulos de visibilidad de forma adecuada.

El senado y la cámara de diputados de la provincia de Salta sancionan con fuerza de LEY: LEY N 2614 RÉGIMEN DE EXPROPIACIÓN - LEY ORGÁNICA. En la misma establece que las expropiaciones por causa de utilidad pública deben cumplir dos requisitos primordiales:

1. Que sea calificada por la ley
2. Previamente indemnizada

Expropiar, por definición, consiste en la transferencia de la propiedad privada desde su titular al Estado, mediante indemnización. Puede expropiarse un bien para que este sea explotado por el Estado o por un tercero siempre y cuando el fin de la expropiación sea en beneficio de bien común, es decir, que sea declarado de utilidad pública.

Conceptualmente se realiza una tramitación a través de la Dirección de Vialidad en donde se tasan los inmuebles a expropiar con la intervención de un Tribunal de Tasaciones que es un Organismo Autónomo independiente de la DNV o DVP según corresponda, indemnizando al expropiado. Dicha indemnización puede pactarse de forma amistosa en donde la Ley de expropiaciones establece beneficios para el expropiado incrementando el valor a pagar de indemnización en un 10% respecto al valor tasado por el Tribunal de Tasaciones a lo cual se denomina avenimiento si el indemnizado acepta estos términos.

Los expropiantes, ya sean personas de existencia visible o jurídica, podrán actuar como expropiantes cuando la ley los autorice o acto administrativo fundado en ley. La expropiación puede ser total o parcial, dependiendo del proyecto previamente aprobado y estudiado por profesionales.

Si el propietario no está de acuerdo con la propuesta amistosa (avenimiento) puede recurrir a los Tribunales de Justicia para reclamar su indemnización. Este reclamo deja sin efecto el incremento ofrecido del 10% y se rige por la valuación de los peritos que se designen en el mencionado juicio. Esta circunstancia de no aceptación implica a su vez que el Estado, a través de la Subgerencia de Asuntos Jurídicos de Vialidad Nacional o Provincial (dependiendo la Jurisdicción) realice un inmediato proceso de expropiación forzosa dado que existe una utilidad pública que involucra la necesidad de construcción de una obra de infraestructura estatal, por cuanto acude a los tribunales federales de la jurisdicción con el

objeto de la toma de posesión de la propiedad en un corto plazo para la ejecución de la obra proyectada.

Todo esto se realiza a través de un proceso definido en la Ley Nacional de Expropiaciones N°21499 para la materialización de obras públicas.

En nuestro caso intervendrá un Tribunal de Tasaciones de la Provincia, dependiente de la Dirección General de inmuebles, integrado por funcionarios de diferentes entidades como ser Vialidad de la Provincia, Aguas de Salta, Dirección General de Arquitectura, Banco Provincial de Salta entre otros.

Una vez que se aprueba el proyecto junto con la superficie delimitada que afectará y se declara de utilidad pública se debe proceder con la liberación del espacio necesario. El propietario debe facilitar todos sus datos personales a funcionario autorizado por Dirección Provincial de Vialidad y comenzar el proceso de tramitación del pago indemnizatorio teniendo en conocimiento la valuación de su propiedad efectuada por el Tribunal de Tasaciones junto con el 10% incremental.

En el momento de iniciar dichos trámites el propietario debe poseer:

- Título de propiedad.
- Documento Nacional de Identidad, LC o LE de los propietarios.
- En caso de haber adquirido la propiedad alguno de los propietarios con estado civil casado, se requiere copia del DNI, LC o LE del esposo o esposa.
- En caso de encontrarse fallecido alguno de los propietarios se requiere la sucesión del mismo para efectivizar el pago.
- En caso de que el propietario sea representado a través de un apoderado, el poder deberá contener las pautas básicas de representación con facultades de administración, dicho poder no deberá ser mayor a un año al momento de suscribirse toda la documentación.

Para el cobro de la indemnización, los propietarios deben presentar, sin excepción:

- Certificado de libres deudas de Impuestos y tasas inmobiliarios emitidos por Rentas de la Municipalidad de Salta;
- Certificado de libres deudas de servicios emitido por la Sociedad Prestadora Aguas de Salta S.A.
- Certificado de No Inhibición para disponer de sus bienes.

Corroborados los requisitos mencionados, la Asesoría Legal del Distrito debe emitir un dictamen autorizando pago de la indemnización.

Se giran las actuaciones, se confecciona el cheque y posteriormente se cobra en el Banco.

Se notifica a la Dirección General de Inmueble, solicitando la baja del inmueble, adjuntando:

- Convenio de Adquisición de inmueble suscripto con el propietario.
- Copia de Plano de Mensura
- Copia de Cédula Parcelaria.
- Certificado de Inhibición.

- Certificado de Libre Deuda
- Recibo de pago expedido por el Organismo.
- Copia de Resolución aprobatoria del convenio de referencia.

Con la respuesta de la Dirección Provincial de Inmuebles se solicita la baja en Rentas de la Municipalidad de Salta y en la Sociedad Prestadora Aguas de Salta S.A, seguido a esto se hace posesión del inmueble expropiado.

## CAPÍTULO 10: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL

En la República Argentina el tema ambiental ha adquirido particular relevancia, evidenciada por la evolución de la sociedad, avances tecnológicos, institucionales y experiencias acumuladas durante varios años. Es por ello que la Dirección Nacional de Vialidad crea como herramienta en el aspecto ambiental y desarrollo sustentable en Argentina el Manual de Evaluación y Gestión Ambiental de Obras Viales, denominado MEGA II en forma abreviada.

El MEGA II refleja la política ambiental de la Nación, si bien fue creado como instrumento de gestión de la DNV como organismo público nacional, también es un aporte de la Nación a las provincias y en especial a las Vialidades Provinciales.

Particularmente en la provincia de Salta rige la Ley Provincial de Protección del Medio Ambiente- Ley N°7070 reglamentada por el Decreto 3097/00 en la cual se establecen las normas que deben salvaguardar la relación medio ambiente-habitantes para proteger la biodiversidad, especies protegidas de flora y fauna, impacto calidad de vida, ruidos, movimientos de suelo, consumo de agua, impacto en actividades económicas, etc.

¿Qué es el impacto ambiental?, Es la modificación neta en forma positiva o negativa de las condiciones, calidad o aptitud del ambiente producida por una acción, proyecto u obra. Por ejemplo, ensanchar la zona de camino tendrá un impacto negativo y directo sobre la cobertura vegetal, impacto negativo indirecto sobre el hábitat de la fauna e impacto positivo indirecto sobre el empleo. El Estudio de Impacto Ambiental nos sirve como herramienta preventiva de la Gestión Ambiental y apoyo para la toma de decisiones.

Definimos la gestión ambiental como un conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del medio ambiente, a partir de un enfoque interdisciplinario y global. Entonces debemos acompañar con la correcta formulación y desarrollo de nuestro proyecto contribuyendo con el desarrollo sustentable, cumpliendo normas y legislaciones respectivas, evitando o disminuyendo conflictos con el correcto manejo de impactos y compensaciones.

Trabajando en función de las normas y metodología específica dividimos el estudio de impacto ambiental en cuatro partes importantes:

1. **Descripción del Proyecto:** Tiene como objetivos de fondo evaluar las consecuencias ambientales que pueden producir determinadas políticas, planes y programas en el lugar. Consecuencias sobre la utilización de recursos naturales y en lograr un desarrollo sostenido y equilibrado.
2. **Diagnóstico Ambiental:** Identificación que se realiza para obtener un diagnóstico preliminar del ambiente existente, sobre la base de esta información se estiman los posibles efectos negativos de la obra sobre él.
3. **Impactos Ambientales:** Se distinguen impactos ambientales directos o indirectos pudiendo influir de forma positiva o negativa cada uno de ellos. Los impactos ambientales directos son los relacionados con la construcción, aquellos que corresponden a la limpieza, nivelación o construcción del piso; pérdida de la capa



vegetal, exclusión de otros usos para la tierra; modificación de patrones naturales de drenaje; cambios en la elevación de las aguas subterráneas; deslaves, erosión y sedimentación de ríos o lagos; degradación del paisaje o destrucción de sitios culturales; e interferencia con la movilización de animales silvestres, ganado y residentes locales. Adicionalmente, pueden generarse impactos ambientales y socioculturales adversos en proyectos tanto de construcción como de mantenimiento, resultado de la contaminación del aire y del suelo, proveniente de las plantas de asfalto, el polvo y ruido generado por equipo de construcción, derrame de combustibles y aceites; basura, etc.

Los impactos ambientales indirectos incluyen la degradación visual debido a la colocación de carteles a los lados del camino, impactos de la urbanización no planificada, inducida por el proyecto, alteración de la tenencia local de tierras debido a la especulación, construcción de nuevos caminos secundarios, primarios y terciarios, mayor acceso humano a las tierras silvestres y otras áreas naturales, migración de mano de obra y desplazamiento de las economías de subsistencia. Estos impactos indirectos pueden producir además el deterioramiento de la calidad del aire a nivel local o regional, y aumentará el aporte a los gases de efecto invernadero.

4. Plan de Manejo Ambiental: Conjunto de actividades, normas e instrumentos para la planeación, gestión, supervisión y ejecución de obras con el objeto de mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales negativos y potenciar los positivos. En él se detallan los procedimientos con metodologías constructivas y de control en el sitio de obra conjuntamente con su área de influencia, lo cual permite garantizar los trabajos con el mínimo impacto ambiental posible.

De satisfacerse estos ítems podremos avanzar ante Autoridad Competente la cual extenderá un Certificado de Aptitud Ambiental, autorizando la realización de tal proyecto y, según texto de la ley, “condición necesaria para que los organismos públicos habiliten la iniciativa correspondiente”, donde se estipula que cualquier tipo de incumplimiento en las condiciones establecidas será causa suficiente de nulidad del acto administrativo de autorización correspondiente.

A los fines de obtener el Certificado de Aptitud Ambiental, se establece dentro del procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental y Social, la realización de una audiencia pública dentro de 10 días hábiles de emitido o recibido el dictamen referido precedentemente (artículo 49-Ley N°7070), en la que se pondrá disposición toda la información relativa a la misma, y agregada en el respectivo expediente administrativo.

Durante su transcurso se recibirán las observaciones que pueda formular cualquier persona física o jurídica, así como otros organismos públicos de la provincia que pudieran verse afectados por la iniciativa. En todos los casos es de notificación y vista obligatoria a la Autoridad de Aplicación de la Ley de Medio Ambiente, bajo pena de nulidad. Dicha vista deberá contener el dictamen y demás elementos de juicio necesarios.

De inevitable manera los trabajos realizados para concretar nuestro proyecto afectarán como ya explicamos el entorno donde se emplaza por lo que se debe acompañar en



todo momento la obra con las medidas mitigatorias elaboradas para cumplir objetivos de carácter ambiental.

Medidas de mitigación: Realizaremos un conjunto de acciones de prevención, control, atenuación restauración y compensación de impactos ambientales negativos y de fortalecimiento de impactos positivos.

<b><i>Impacto</i></b>	<b><i>Medida de mitigación</i></b>
<i>Generación de ruidos molestos</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Controlar el correcto funcionamiento de maquinas</i></li> <li>• <i>Respetar horarios de trabajo y descanso</i></li> </ul>
<i>Disminución de cobertura vegetal</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Realizar en mayor medida los trabajos dentro de la zona de camino</i></li> <li>• <i>Prohibir la quema de restos vegetales</i></li> <li>• <i>Reubicar y plantar 3 árboles por cada árbol extraído</i></li> </ul>
<i>Contaminación de agua</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Prohibir el vuelco de efluentes residuales de la obra en ríos o cursos de agua cercanos (por ej.: Lavado del mixer en el río)</i></li> <li>• <i>Controlar los fluidos de las distintas maquinarias (que las mismas no tengan pérdidas).</i></li> <li>• <i>Realizar análisis periódicos en afluentes cercanos para determinar que no sean alterados</i></li> </ul>
<i>Cambios en el paisaje</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Definir diseños que armonicen con el lugar</i></li> </ul>
<i>Generación de residuos</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Realizar capacitaciones a los trabajadores sobre como disminuir, manejar y disponer residuos</i></li> <li>• <i>Cuidar los recursos y aplicar medidas de seguridad e higiene</i></li> </ul>

Acompañando todas estas medidas se debe realizar periódicamente un monitoreo ambiental previamente planificado en donde se identifiquen y evalúen cómo evolucionan las condiciones ambientales y poseer un plan de contingencias por cualquier caso no deseado que pudiera ocurrir en el transcurso de la obra de forma accidental como ser derrames de combustibles, incendios de pastizales, etc.

También cabe hacer mención a los impactos positivos que tendrá el proyecto en su entorno, entre ellos se destacan:

<i>Mejora en la capacidad de caminos</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Favorece el desarrollo de áreas urbanizadas y áreas productivas.</li><li>• Ordena el tránsito con nuevas intersecciones más eficientes.</li></ul>
<i>Seguridad para los transeúntes</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La utilización de una rotonda incrementa la seguridad para el cruce de peatones.</li><li>• Reduce la tasa de accidentes de tránsito en las intersecciones.</li></ul>
<i>Ordenamiento territorial</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Invita a que los habitantes no se aglomeren alrededor de los caminos principales ya existentes.</li></ul>
<i>Mejora en la calidad de vida de los vecinos</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se reduce la cantidad de polvo en suspensión generada por el tránsito que afecta hoy los caminos.</li><li>• Disminuye tiempos de viajes.</li></ul>

La buena gestión ambiental del proyecto dependerá entonces de un buen estudio ambiental en la zona que deberá ser acompañado por el personal adecuándose a las normas vigentes logrando garantizar su desarrollo sustentable en el tiempo satisfaciendo las necesidades de generaciones presentes y futuras.

## CAPÍTULO 11: CÓMPUTO Y PRESUPUESTO

Estimamos el costo de nuestro proyecto realizando un cómputo métrico, el cual consiste en individualizar cada ítem de trabajo y medir su cantidad lo más aproximadamente. Cuando medimos su cantidad, dependiendo de su especie, puede determinarse en forma lineal, volumétrica o superficial para luego darle una valoración, es decir, el costo de una actividad por unidad de medida escogida a lo cual denominaremos análisis de costo unitario.

En el análisis de costo unitario intervendrán la mano de obra, uso de herramientas, maquinas, traslados, materiales, etc. se estima un rendimiento aproximado de trabajo para realizar una tarea específica y con el conjunto de ellos se va elaborando un análisis de precios.

Las tareas individualizadas fueron:

1. Limpieza de zona de camino
2. Excavación no clasificada
3. Terraplén con compactación especial
4. Preparación de la sub-rasante
5. Construcción de sub-base granular
6. Construcción de subrasante
7. Construcción de banquetas
8. Hormigón H-21 p/alcantarillas
9. Hormigón H-8 p/alcantarillas
10. Provisión y colocación de caños
11. Ejecución de carpeta asfáltica
12. Riego de liga
13. Imprimación
14. Demolición de pavimento existente
15. Pavimento de hormigón
16. Colocación de defensas flex beam
17. Señalización Horizontal
18. Señalización Vertical
19. Iluminación

Para cada una de ellas realizamos un análisis de costo para determinar su precio unitario en función de su unidad de medición como se detalla en la imagen siguiente:

<b>ALUMNOS</b>	Obra: Pavimentación de ruta provincial N° 95				Hoja N° 4			
<b>Aramayo Clara Luz</b>	Computo y presupuesto							
<b>Oulier Gustavo Adolfo</b>	Valores a Agosto de 2020							
<b>Item N° 3:</b>	<b>Terraplenes con compactación especial</b>				<b>Unidad: m3</b>		<b>COSTO</b>	
<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia (HP)</b>	<b>Valor unidad</b>	<b>Valor total</b>				
Motoniveladora 143	1	143	\$ 17.143.000,00	\$ 17.143.000,00				
Tractor neumático	1	102	\$ 3.001.745,04	\$ 3.001.745,04				
Rodillo neumático auto propulsado	1	110	\$ 4.660.431,00	\$ 4.660.431,00				
Rodillo pata de cabra doble cuerpo	1	0	\$ 373.977,54	\$ 373.977,54				
		<b>355 HP</b>		<b>\$ 25.179.153,58</b>				
Gas-Oil: 42,59 \$/L		<b>1 Amortización e intereses: Costo de equipo * 8h/día * 0,9 + Costo de equipo * 7%/a * 8h/día =</b>		0,00086 \$/día				
Oficial 1905,00 \$/día		10000h	2*2000h/a					
Ayudante 1612,39 \$/día			0,00086 x 25.179.153,58 =	21654,07 \$/día	36,09 \$/m3			
Rendimiento 600m3/día			Rendimiento =	600,00 m3/día				
		<b>2 Reparaciones y repuestos: Costo de equipo * 8h/día * 0,9 * 0,80 =</b>		0,00058 \$/día				
		10000h	0,00058 x 25.179.153,58 =	14603,91 \$/día	24,34 \$/m3			
			Rendimiento =	600,00 m3/día				
		<b>3 Combustibles y Lubricantes p/equipos HP*0,16L/HPH * 8h/día * Precio Gas-Oil * 1,30 =</b>		70,86 \$/día				
			70,86 x 355 =	25155,30 \$/día	41,93 \$/m3			
			Rendimiento =	600,00 m3/día				
		<b>4 Mano de obra:</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo diario</b>	<b>Costo parcial</b>			
		Oficial	4	1905,00 \$/día	7620,00 \$/día			
		Ayudante	3	1612,39 \$/día	4837,17 \$/día			
		Vigilancia	10%		1245,72 \$/día			
					1245,72 \$/día			
				<b>Total =</b>	<b>13702,89 \$/día</b>	<b>22,84 \$/m3</b>		
				<b>Rendimiento =</b>	<b>600,00 m3/día</b>			
<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>unidades</b>	<b>Precio transporte</b>			
Agua para compactación	0,25	m3/m3	156,07 \$/m3		97,61 \$/m3	136,62 \$/m3		
						<b>COSTO DIRECTO =</b>	<b>261,81 \$/m3</b>	
						<b>COEFICIENTE DE RESUMEN: 0,6803</b>	<b>178,11</b>	<b>178,11 \$/m3</b>
							<b>439,93 \$/m3</b>	
						<b>ADOPTADO =</b>	<b>439,93 \$/m3</b>	

*Imagen N°10.1: Esquema de análisis de precio unitario*

Luego con el total de todas las tareas computadas reflejamos cada precio afectado por el total de volúmenes a realizar en el proyecto y así obtenemos el presupuesto total de obra estimado en: \$139.088.830,43 (Pesos: ciento noventa y siete millones setecientos treinta y un mil novecientos treinta y uno con noventa y siete centavos).

COMPUTO Y PRESUPUESTO RUTA PROVINCIAL N°95 (Referidos al mes de Agosto 2020)							
ITEM N°	DESIGNACIÓN OBRA A EJECUTAR	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE	%	
1	LIMPIEZA ZONA DE CAMINO	Ha	27,87	\$ 40.792,57	\$ 1.136.888,93	0,57	
2	EXCAVACION NO CLASIFICADA	m3	75853,24	\$ 295,10	\$ 22.384.291,12	11,32	
3	TERRAPLÉN CON COMPACTACIÓN NO CLASIFICADA	m3	57385,76	\$ 439,93	\$ 25.245.717,40	12,77	
4	PREPARACIÓN DE LA SUB-RASANTE	m2	86148,00	\$ 377,29	\$ 32.502.778,92	16,44	
5	CONSTRUCCIÓN DE SUB-BASE GRANULAR	m3	24669,36	\$ 752,51	\$ 18.563.940,09	9,39	
6	CONSTRUCCIÓN DE SUB-RASANTE	m3	6214,32	\$ 920,16	\$ 5.718.168,69	2,89	
7	CONSTRUCCIÓN DE BANQUINAS	m3	7778,40	\$ 550,56	\$ 4.282.475,90	2,17	
8	HORMIGÓN H-21 P/ALCANTARILLAS	m3	8,40	\$ 9.665,59	\$ 81.190,96	0,04	
9	HORMIGÓN H-8 P/ALCANTARILLAS	m3	18,20	\$ 6.135,28	\$ 111.662,10	0,06	
10	PROVISIÓN Y COLOCACIÓN DE CAÑOS	u	143,00	\$ 6.520,76	\$ 932.468,68	0,47	
11	EJECUCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA	Tn	7756,56	\$ 4.858,76	\$ 37.687.263,47	19,06	
12	RIEGO DE LIGA	m2	47318,6	\$ 41,08	\$ 1.943.848,09	0,98	
13	IMPRIMACIÓN	m2	47318,6	\$ 49,30	\$ 2.332.806,98	1,18	
14	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO EXISTENTE	m2	1132,5	\$ 141,43	\$ 160.169,48	0,08	
15	PAVIMENTO DE HORMIGÓN 25cm	m3	1113,99	\$ 11.589,11	\$ 12.910.152,65	6,53	
16	COLOCACIÓN DE DEFENSAS FLEX BEAM	m	1200,00	\$ 4.250,68	\$ 5.100.816,00	2,58	
17	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	m2	168,00	\$ 12.554,61	\$ 2.109.174,48	1,07	
16	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	m2	2330,00	\$ 10.211,98	\$ 23.793.913,40	12,03	
17	ILUMINACIÓN	nº	8,00	\$ 91.775,58	\$ 734.204,64	0,37	
		8/9/2020	IMPORTE TOTAL:		\$ 197.731.931,97	100,00	
			<b>ADOPTADO:</b>		<b>\$ 197.731.931,97</b>		

*Imagen N°10.2: Cómputo y presupuesto, Anexo 6.*

Con este presupuesto el costo estimado por kilómetro del proyecto quedaría en: \$30.420.297,22 (pesos: treinta millones cuatrocientos veinte mil doscientos noventa y siete con veintidós centavos).

## CAPÍTULO 12: CONCLUSIÓN

En este proyecto se trabajó casi en un 70% sobre la traza original del camino, debido a que en la zona se empezaron a emplazar diferentes urbanizaciones siguiendo los parámetros de los caminos ya existentes, si bien expropiamos y tenemos un nuevo ancho de camino que será útil a futuro, la idea principal fue servir a la mayor cantidad de gente que se encuentre cercana en las proximidades de la ruta provincial N°95. Al encontrarse en una zona de crecimiento urbano diseñamos el proyecto con las debidas precauciones en las intersecciones de caminos que atraviesan nuestra ruta previendo tener infraestructura para el cruce seguro de peatones.

En función de los TMDA de los caminos que intersectan nuestro proyecto decidimos emplazar una rotonda moderna en el cruce con Ruta Nacional N°51 y un cruce con camino secundario no pavimentado en la intersección con Ruta Provincial N°87S. En algunos lugares donde no encontramos datos de TMDA censados por algún ente provincial o nacional nos dispusimos a contar en forma presencial la cantidad de vehículos que transitan a diario.

Concluimos en que nuestro proyecto final de grado sumó para nosotros una amplia gama de conocimientos nuevos además de también afianzar conocimientos que nos brindaron en diferentes cátedras durante el cursado de nuestra carrera. Elegimos este proyecto gracias al gusto que tomamos sobre materias referidas al tema vial, pero al transitar nuestro trabajo final fuimos descubriendo todo lo que abarca y significa un proyecto de esta magnitud. Recorrimos y visitamos lugares para observar cómo se trabajó en ellos y poder captar cosas que nos podrían ser útiles en nuestro trabajo, indagamos con diferentes profesionales y nos cabe destacar la buena predisposición que siempre tuvieron para nosotros y agradecer datos brindados en muchos casos.

Atendimos todas las recomendaciones brindadas y tratamos de aplicar nuestro criterio ingenieril en el mayor de los casos terminando así este trabajo final de grado con una sensación muy gratificante por lo nuevo aprendido y la gente que conocimos durante el desarrollo del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

- *Norma de Diseño Geométrico y Seguridad Vial de la Dirección Nacional de Vialidad, Actualización 2010.*
- *Ingeniero Federico G. O. Ruhle, “Normas de diseño geométrico de caminos rurales” del año 1967*
- *Carpeta de la Asignatura “Topografía” Prof. Ing. Gustavo Zamarian, Ing. Federico Nievas, de 3er año.*
- *Carpeta de la Asignatura “Vías de Comunicación” Prof. Agr. Mario Abrantes Pereyra, Ing. Celina Melina, 4to año.*
- *Carpeta de la Asignatura “Hidrología” Prof. Ing. Marcelo Chalabe, Ing., 4to año.*
- *Carpeta de la Asignatura “Carreteras” Prof. Agr. Mario Abrantes Pereyra, Ing. Ramiro Reyes, 5to año.*
- *Pliego de especificaciones Técnicas particulares para iluminación, de la Dirección de Vialidad Nacional*
- *Manual de Señalamiento Vertical de Vialidad Nacional*
- *Manual de Señalamiento Horizontal de Vialidad Nacional*
- *Manual de Evaluación y Gestión Ambiental de Obras Viales DNV (Mega II)*
- *Ley Provincial 7.070 de Medio Ambiente*
- *Ley General de Medio Ambiente*
- *Ley Nacional de Expropiación 21.499*
- *Plano Alcantarillas de Caños S/P H-2993 de la Dirección Nacional de Vialidad.*
- *Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón, ICPA (Instituto de Cemento Portland Argentino)*