

2017

TRABAJO FINAL

**ANTEPROYECTO: OPTIMIZACIÓN DEL
TRÁNSITO SOBRE AV. 9 DE JULIO Y
DESARROLLO DE VÍAS
ALTERNATIVAS**

BALDOVINO, Andrés

BUNDREA, Iván

2017

TRABAJO FINAL

**ANTEPROYECTO: OPTIMIZACIÓN DEL
TRÁNSITO SOBRE AV. 9 DE JULIO Y
DESARROLLO DE VÍAS
ALTERNATIVAS**

BALDOVINO, Andrés

BUNDREA, Iván

TUTOR: ING. BIAIN Rolando

ASESOR: LABORATORISTA SAMPA, Cristian

FACULTAD DE INGENIERÍA – UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

Resumen ejecutivo

El objeto del trabajo es “**Optimizar la circulación por av. 9 de Julio y desarrollar vías alternativas**” desde la intersección de dicha avenida con la av. Chaco hasta llegar a la rotonda de ingreso a la ciudad de Barranqueras.

La obra a realizar se ubica en el nordeste de la república argentina, en la ciudad capital (Resistencia) de la provincia del Chaco. La ciudad mencionada junto con las ciudades de Fontana, Barranqueras y Pto. Vilelas forman el Área metropolitana del Gran Resistencia.

La zona tiene como característica predominante una topografía llana a la que se le suma en el mayor de los casos la existencia de un suelo del tipo arcilloso, que obstaculizan el desagüe natural. También está llena de lagunas y meandros, formados por el antiguo cauce del Río Negro.

El crecimiento de la población en esta región es exponencial, al igual que su desarrollo económico. La zona tiene a disposición el tránsito fluvial, ferroviario y el automotor, gracias al río Paraná, las vías del plan Belgrano y el puente de unión entre Chaco y Corrientes. Este crecimiento trae aparejado problemas de tránsito, en especial los del tránsito automotor.

Teniendo en cuenta el comportamiento de la población en lo referido a realizar su vivienda, surge dicho anteproyecto. La población tiende a buscar viviendas más económicas en Barranqueras y Pto. Vilelas, aunque sus trabajos se encuentren en Resistencia. También existe una relación de comercio amplio de Barranqueras hacia Resistencia.

La av. 9 de Julio será la principal herramienta en este anteproyecto para subsanar los problemas actuales de circulación entre estas ciudades.

La propuesta tiene como objetivos particulares:

- ♦ Garantizar la seguridad vial para todos los tipos de tránsito;
- ♦ Minimizar riesgos de accidentes;
- ♦ Disminuir el tiempo y costo del traslado de personas y mercaderías;
- ♦ Proyectar estructuras estables y duraderas;
- ♦ Incrementar y mejorar la relación comercial entre Resistencias y Barranqueras
- ♦ Contener el avance de la población hacia la laguna Prosperidad y laguna Negra.

El estudio cuenta con el análisis de los siguientes puntos que son necesarios para asegurar una solución adecuada, funcional y económicamente rentable:

- ♦ Estudio de la historia y los conflictos;
- ♦ Estudio de posibles soluciones;
- ♦ Estudio geotécnico;
- ♦ Estudio topográfico;
- ♦ Estudio hidráulico;
- ♦ Asignación de cartelería y semáforos;
- ♦ Diseño geométrico y estructural;
- ♦ Análisis de factibilidad.

El proyecto comienza con un estudio de la zona, los problemas, la forma de circulación y relevamiento fotográfico. En esta etapa se detecta:

- ◆ Crecimiento exponencial de la población y de necesidad de transporte;
- ◆ Excesivo tránsito de transporte público sobre la av. 9 de Julio;
- ◆ Carencia de vías alternativas a la avenida;
- ◆ Mal estado de la calzada;
- ◆ Sistema de desagüe mal planificado y obstruido;
- ◆ Alto índice de accidentes.

Una vez realizado este relevamiento, se prosigue a determinar el comportamiento del tránsito y a cuantificarlo. Se realizaron censos en 7 puntos diferentes y se obtuvo los TMDA de las intersecciones y calles más solicitadas:

- ◆ Av. 9 de Julio TMDA=12.000 veh/día
- ◆ Olaf With TMDA=3.700 veh/día
- ◆ Bosch TMDA=1.495 veh/día
- ◆ E. Román TMDA=2.730 veh/día
- ◆ Av. Bouvier TMDA=1.225 veh/día
- ◆ A.Seelstrang TMDA=2.340 veh/día
- ◆ Av. Arribalzaga TMDA=1.800 veh/día
- ◆ H.Yrigoyen TMDA=8.140 veh/día

Posteriormente se prosigue a estimar, según el crecimiento de la población y el desarrollo económico, como sería el tránsito al final de la vida útil (20 años) de la obra realizada.

- ◆ Av. 9 de Julio TMDA=45.000 veh/día
- ◆ Almte. Brown TMDA=25.700 veh/día
- ◆ H.Yrigoyen TMDA=25.100 veh/día

No se tiene en cuenta el crecimiento del tránsito de las calles laterales, porque el proyecto busca desalentar la circulación por las mismas.

Conociendo la zona, los problemas y el comportamiento del tránsito se está en condiciones de plantear una solución. Las propuestas son las siguientes:

- ◆ Sincronizar e incorporar semáforos inteligentes sobre av. 9 de Julio, que permitan circular a una velocidad de 50 km/hora sin detenerse.
- ◆ Pavimentar y resolver los problemas de diseño de las vías alternativas (calle Almte. Brown e H.Yrigoyen).

Se propone, para realizar la primer propuesta, incorporar 5 semáforos más distribuidos estratégicamente para mantener el pelotón, disminuir el número de intersecciones continuando el cantero del medio en las esquinas y trabajar con solo 3 fases. Con esto el tiempo perdido es mínimo, se evita mayor cantidad de accidentes.

Se deben realizar estudios básicos para realizar la segunda propuesta, ya que debe saberse el comportamiento hidráulico y geotécnico para dimensionar la calzada y el sistema de drenaje. Con el estudio de tránsito se determinara las características geométricas.

Por ende se procedió con el estudio geotécnico, donde se obtiene el perfil de suelo donde se va a emplazar la obra, que interesan esencialmente a la estabilidad y durabilidad futura de la misma.

En la actualidad, se dispone de un perfil que fue realizado sin contemplar ningún requerimiento técnicos ni constructivos. Este se encuentra en un alto grado de compactación por los años de uso. Se buscó caracterizar los tipos de suelo que intervienen a través de distintos ensayos de clasificación como el límite líquido, límite plástico y pasa tamiz #200 y determinar su densidad máxima y humedad óptima con el ensayo Proctor.

Muestra 1

- ♦ LL= 33,9%
- ♦ LP= 15,3%
- ♦ #200= 72,5%
- ♦ Humedad= 14,2%
- ♦ Clasificación HRB= A-6(11)
- ♦ Peso específico= 1,83 gr/cm³
- ♦ Humedad óptima=14,5%

Muestra 2

- ♦ LL= 44,0%
- ♦ LP= 18,1%
- ♦ #200= 75,6%
- ♦ Humedad= 20,5%
- ♦ Clasificación HRB= A-7-6(19)
- ♦ Peso específico= 1,74 gr/cm³
- ♦ Humedad óptima= 19%

La Municipalidad de Resistencia aportó los datos topográficos necesarios para construir el tramo y calcular su costo y escurrimiento. Estos datos son:

- ♦ Perfiles transversales, realizados cada 200 metros de distancia, de los cuales se puede obtener el movimiento de suelo que nos va a solicitar la obra.
- ♦ Perfil longitudinal, donde se puede apreciar una pendiente aproximadamente horizontal.
- ♦ Ancho de camino, la determinación de los mismos fueron claves a la hora de ver la disponibilidad de realización del proyecto.

Se continuó con el estudio hidráulico a partir del cual se tuvo en cuenta las alturas máximas de la laguna “Negra, su valor de línea de ribera y el funcionamiento actual del sistema de desagüe.

Como criterio de proyección, las lagunas comprendidas en el estudio deben actuar como cuerpo almacenador temporario de los excesos generados por las lluvias urbanas, regular razonablemente los egresos producidos por los conductos del sistema pluvial y garantizar una evacuación ordenada hacia el curso principal del río, por lo tanto no deben ser violadas.

Cabe destacar que la línea de ribera (LR) sirve para delimitar los terrenos públicos de los privados y se obtuvo del análisis, teniendo como consideración una línea de restricción severa (RS), de 47 m, definido como el nivel máximo que alcanza la laguna con un TR=10 años.

Como conclusión del estudio preliminar anteriormente mencionados, se obtuvo una cota del eje de calzada de como mínimo 48 m.

Al impermeabilizar terrenos por la ejecución de pavimento, surgió la alternativa de que la calzada escurra directamente hacia la laguna. Esto no fue factible, por lo tanto para las nuevas sub-cuencas generadas se realizó un sistema de desagüe adecuadamente dimensionado.

En la elaboración del diseño geométrico se tuvo en cuenta la configuración del terreno y las exigencias del tránsito antes vistas, con un costo anual mínimo, combinados con otros parámetros que son como por ejemplo, la seguridad de circulación, el confort, entre otros. Siempre atendiendo a la recomendaciones realizadas por la Dirección Provincial de Vialidad y al código de planeamiento urbano de la ciudad de Resistencia.

El trazado del nuevo pavimento rígido corresponde al tramo de la calle Almte. Brown que se encuentra cortado por una usurpación de la laguna Prosperidad y un tramo de 1500m que costea la laguna Negra. Este último tramo nombrado, contará con una solución vial que canalice el flujo de la calle Zorzal que quiera dirigirse hacia la calle H.Yrigoyen.

Del análisis del mismo se obtuvieron las siguientes características geométricas, que se asimilaran al de una avenida urbana de la zona:

- ♦ Velocidad directriz: 50 km/h.
- ♦ Ancho de calzada tramo Tipo 1: 8 m.
- ♦ Ancho de calzada tramo Tipo 2: 12 m.
- ♦ Ancho de vereda sobre laguna: 1,00m.
- ♦ Ancho de vereda sobre viviendas: 4,00m.
- ♦ Pendiente longitudinal: 3% (horizontal).
- ♦ Pendiente transversal de la calzada: 2%.
- ♦ Radio de giro: 8,00 m.

Luego se realizó el dimensionamiento de la estructura de pavimento y se procedió según la guía para el diseño estructural de la AASHTO, las normas de la DNV, las guías del Instituto del Cemento Portland Argentino y el ACPA.

Al ser el anteproyecto un esquema orientado al tránsito urbano, la opción más conveniente para el diseño del paquete estructural será realizarlo con hormigón (H-30). A diferencia de otro tipo de pavimentos, la capacidad estructural de los pavimentos rígidos, se encuentra principalmente proporcionada por la calzada de hormigón, ya que debido a su propia rigidez, la misma se encarga de distribuir las solicitaciones en mayores superficies, reduciendo de esta manera los esfuerzos transmitidos a las capas inferiores.

En función a los parámetros obtenidos por la metodología de cálculo, se obtuvo que el paquete estructural estaban conformado por:

- ♦ 15 cm de suelo cal al 4%.
- ♦ 15cm de RDCA (Relleno de Densidad Controlada).
- ♦ 22 cm de hormigón H-30
- ♦ Junta transversal con pasadores con barra de 45cm de 32mm de diámetro cada 30 cm.
- ♦ Junta longitudinal de contracción con 7 barras de 72cm de 12mm de diámetro por losa.
- ♦ Junta transversal de construcción con barra de 45cm de 32mm de diámetro separadas cada 30 cm.
- ♦ Juntas de dilatación de 2cm.
- ♦ Losas de 4mx3m en el perfil tipo 1 y losas de 3mx3m en el perfil tipo 2.

Se definen como obras complementarias al sistema de iluminación y, al sistema de señalización en el lugar.

- ♦ El sistema de alumbrado tiene por objeto la creación de un ambiente visual nocturno que permite una visibilidad clara e identificación precisa de las personas y objetos en las vías transitadas. La distribución de las columnas será unilateral sobre el lado sur, debido al ancho de la vereda y la disposición actual del tendido eléctrico.
- ♦ Por medio de la señalización de tránsito se busca que la circulación vehicular y peatonal sea guiada y regulada para que pueda llevarse a cabo de manera segura, fluida, ordenada y cómoda.

Señalización Vertical: Se colocarán nomencladores urbanos y cartelería de velocidad máxima conforme a planos de especificaciones.

Señalización Horizontal: Comprende la aplicación de una capa de pintura termoplástica reflectiva sobre la superficie del pavimento, con el fin de demarcar señales para el cruce de peatones, líneas de pare, y separadores de carriles.

Por último se procedió con el estudio de evaluación económica, para estudiar la factibilidad de realización del proyecto, para ello, determinando los índices económicos como la relación Beneficio/Costo (B/C), Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), que alcanzan los siguientes valores:

- ♦ $VAN_{12\%} = 346.849.814,00 > 0$ el proyecto es CONVENIENTE.
- ♦ La tasa interna de retorno TIR, arroja valores incoherentes, debido a que los beneficios son instantáneos.
- ♦ La relación beneficio costo indica que por cada peso invertido se recuperarán 7,32\$
- ♦ No se tuvo en cuenta los beneficios de los frentistas, ya que la evaluación tendría errores imposibles de subsanar.
- ♦ Tampoco se cuantifico el beneficio por disminución de accidentes.

Se puede llegar a la conclusión, luego de analizar lo antes expuesto, que el anteproyecto es altamente rentable del punto de vista social por el beneficio que daría a los propietarios de terrenos en la zona de la obra y los habitantes de esta región de Resistencia , todo Barranqueras y Pto, Vilelas..

1-Introducción-----Pág.1

- 1.1 Desarrollo
- 1.2 Conclusión

2-Estudio de tránsito-----Pág.10

- 2.1 Generalidades
- 2.2 Metodología de estudio del tránsito
- 2.3 Determinación del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA)
 - 2.3.1 Censo volumétrico y de clasificación
 - 2.3.2 Determinación del tránsito derivado, inducido y generado
- 2.4 Determinación de la tasa de crecimiento (exponencial)
 - 2.4.1 Tasa de crecimiento individual de la población
 - 2.4.2 Tasa de crecimiento individual del parque automotor
 - 2.4.3 Tasa de crecimiento individual del consumo de combustible
 - 2.4.4 Tasa de crecimiento individual del TMDA
 - 2.4.5 Tasa de crecimiento individual de la producción
 - 2.4.6 Determinación final de la tasa de crecimiento de la región
- 2.5 Conclusiones

3-Estudio de suelos-----Pág.23

- 3) Generalidades
- 3.1) Extracción de muestras
- 3.2) Clasificación del suelo
 - 3.2.1) Determinación de la humedad natural
 - 3.2.2) Lavado de tamiz #200
 - 3.2.3) Límites de Atterberg
 - 3.2.4) Resultados
- 3.3) Ensayo de compactación
- 3.4) Ensayo de valor soporte relativo e hinchamiento
- 3.5) Suelo mejorado con cal
- 3.6) Conclusiones del estudio de suelos

4-Relevamiento topográfico y estudio hidráulico-----Pág.33

- 4.1) Generalidades
- 4.2) Recopilación de información
- 4.3) Trabajo de campo
 - 4.3.1) Relevamiento fotográfico
 - 4.3.2) Relevamiento topográfico
- 4.4) Estudio hidráulico
 - 4.4.1) Determinación del caudal pico
 - 4.4.2) Determinación del coeficiente de escorrentía
 - 4.4.3) Determinación de la intensidad media
 - 4.4.4) Obtención del caudal por frente de manzana
 - 4.5.1) Cordón cuneta y cunetas de calles de tierra



- 4.6) Distribución y verificación de imbornales
- 4.7) Conducto de vinculación y principal del sistema de captación fluvial
- 4.8) Verificación de los imbornales existente
- 4.9) Conclusión

5-Semaforización y distribución del tránsito-----Pág.45

- 5.1) Generalidades
- 5.2) Distribución de los semáforos y tiempos de verde de la situación sin proyecto
- 5.3) Operaciones posibles de los semáforos
- 5.4) Determinación de la jerarquía de control de las intersecciones
 - 5.4.1) Determinación de la jerarquía de control de las intersecciones sobre calles alternativas
 - 5.4.2) Determinación de la jerarquía de control de las intersecciones sobre av. 9 de Julio
 - 5.4.2.1) Verificación de los semáforos en actual funcionamiento
 - 5.4.2.2) Distribución y verificación de semáforos para generar un recorrido ininterrumpido
- 5.5) Diseño de fases
- 5.6) Cálculo de los tiempos del ciclo sobre av. 9 de Julio
 - 5.6.1) Tiempo del intervalo de cambio
 - 5.6.2) Tiempo de verde
 - 5.6.3) Longitud del ciclo, ciclos hora y capacidad de despeje
- 5.7) Verificación del cruce de peatones
- 5.8) Sincronización de los semáforos
- 5.9) Sistemas de control al usuario
- 5.10) Conclusiones

6-Diseño geométrico y estructural-----Pág.60

- 6.1) Generalidades
- 6.2) Metodología
- 6.3) Factores influyentes en el diseño
- 6.4) Determinación del tipo de vía
- 6.5) Introducción al cálculo
- 6.6) Procedimiento de cálculo
 - 6.7.1) Determinación de los ejes equivalentes (ESAL's)
 - 6.7.2) Cálculo del módulo Resiliente (M_r)
 - 6.7.3) Cálculo de pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)
 - 6.7.4) Cálculo de la confiabilidad (R)
 - 6.7.5) Determinación del desvío Estándar (S_o)
 - 6.7.6) Cálculo del módulo compuesto de reacción de la subrasante/base (K_{comb})
 - 6.7.7) Cálculo del módulo de reacción efectivo de la sub-rasante (K)
 - 6.7.8) Cálculo del módulo de elasticidad del hormigón (E_c)
 - 6.7.9) Módulo de rotura del hormigón (f_r)
 - 6.7.10) Cálculo del coeficiente de transferencia de carga (J)
 - 6.7.11) Cálculo del coeficiente de drenaje (C_d)

- 6.7.12) Número estructural necesario
- 6.8) Paquete estructural propuesto
- 6.9) Verificación mediante el método de la PCA
 - 6.9.1) Análisis de fatiga
 - 6.9.2) Análisis de erosión
 - 6.9.3) Número de repeticiones esperadas
 - 6.9.4) Verificación del espesor de pavimento
- 6.10) Dimensionamiento y adopción de juntas, pasadores y barras de unión
 - 6.10.1) Disposición y dimensionamiento de juntas transversales de contracción
 - 6.10.2) Disposición y dimensionamiento juntas longitudinales de contracción
 - 6.10.3) Disposición y dimensionamiento juntas transversales de construcción
 - 6.10.4) Disposición de juntas de dilatación
- 6.11) Resumen de adopciones y recomendaciones
- 6.12) Diseño geométrico
 - 6.12.1) Descripción del trazado y geometría seleccionada
 - 6.12.2) Recomendaciones a tener en cuenta para el trazado de la rasante
 - 6.12.3) Definición de curvas horizontales
 - 6.12.4) Definición de vehículo tipo de proyecto
 - 6.12.5) Consideración sobre pendientes
 - 6.12.6) Consideración sobre calzada
 - 6.12.7) Consideración sobre ancho de calzada
 - 6.12.8) Consideración sobre iluminación
 - 6.12.9) Consideración sobre señalización Horizontal
- 6.13) Conclusión

7-Evaluación económica-----Pág.94

- 7.1) Generalidades
- 7.2) Cómputo y presupuesto
- 7.3) Evaluación económica
 - 7.3.1) Objetivos
 - 7.3.2) Clasificación de beneficios económicos
- 7.4) Análisis de metodologías de evaluación.
 - 7.4.1) Beneficios sociales por el método de los valores hedónicos
 - 7.4.2) Beneficios sociales por valor residual de activos
 - 7.4.3) Beneficios sociales por valoración contingente
 - 7.4.4) Beneficios sociales por disminución del costo de operación
- 7.5) Costo social de mantenimiento
- 7.6) Cálculo de indicadores de rentabilidad
 - 7.6.1) Valor actual neto (VAN)
 - 7.6.2) Tasa interna de retorno (TIR)
 - 7.6.3) Relación Beneficio Costo (RBC)
- 7.7) Conclusiones

8-Bibliografía-----Pág.105

9-Anexos planos y planillas

Capítulo 1

Introducción

Síntesis:

Se buscara mostrar las causas por las cuales se plantea una reforma de la distribución del flujo vehicular sobre la av. 9 de Julio. Para ello hay que ubicar la zona de estudio, la problemática, sus posibles causantes y datos concretos de impacto a la sociedad.

Como es el trayecto más corto para dirigirse de Resistencia a Barranqueras o viceversa, es el más transitado. Esto lo pone primero en la lista, ya que con pocas modificaciones en un trayecto corto se podrá optimizar la circulación con escasos recursos en comparación con otras alternativas.

Desarrollo:

Ubicándose en el nordeste de la Argentina se encuentran las provincias Chaco y Corrientes, unidas por el icónico puente Gral. Belgrano. Dentro de la región chaqueña se puede distinguir una metrópolis conformada por su capital (Resistencia) y las ciudades, Barranqueras, Fontana y Pto. Vilelas. (Fig. 1y 2).

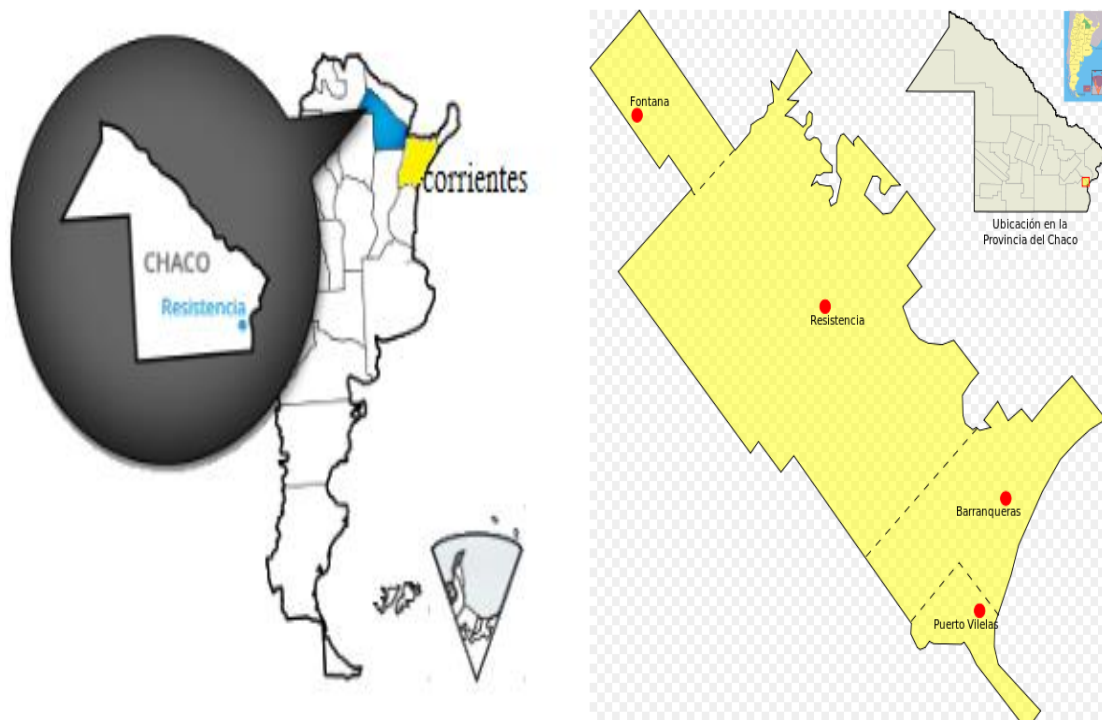


Fig. 1 y 2: Imágenes de Chaco, Corrientes y ciudades componentes del Área Metropolitana del Gran Resistencia (fuente: Wikipedia).

Esta zona tiene como principal fuente de ingresos la producción de algodón y soja, también es una zona de paso para las cargas y transportes terrestres provenientes de Brasil. La provincia del Chaco tiene su propio puerto ubicado en Barranqueras y un sistema de vías férreas que busca actualizarse. Todo esto indica que es una provincia y un centro en potencial desarrollo. (Fig.3).



Fig. 3: Rol geoestratégico de la provincia del Chaco(fuente: agroparaguaya.wordpress.com).

El estudio de los censos realizados en el año 2.010 revelan que la población de la ciudad capital ha crecido un 7.2% respecto del último censo en el año 2.001, sin embargo las demás ciudades que conforman el Área Metropolitana del Gran Resistencia presentan una tasa de crecimiento mayor a este. (Tabla 1).

Con estos datos es posible analizar el comportamiento que tendrá la evolución demográfica en el futuro, se debe adoptar una tasa de crecimiento anual promedio basándose en los censos anteriores de cada ciudad y estimar una población futura. Volcando estos resultados en una gráfica, se identifica notablemente que el incremento de la tasa de crecimiento de las ciudades satélites es mayor que la de Resistencia. (Tabla 1) y (Gráfico 1).

Evolución Demográfica del Area Metropolitana del Gran Resistencia								
Ciudad	Departamento	Año						
		1980	1991	2001	2010	2020	2030	2040
Resistencia	San Fernando	174.419	229.212	274.490	290.723	330.806	428.315	631.025
Barranquera	San Fernando	21.900	42.572	50.736	54.698	62.857	83.006	125.965
Fontana	San Fernando	7.303	14.436	26.745	32.027	52.169	138.419	598.238
Puerto Vilela	San Fernando	4.604	6.067	7.617	8.278	9.798	13.727	22.761

Tabla 1: Evolución demográfica del Área Metropolitana del Gran Resistencia y proyección a futuro (fuente: INDEC y elaboración propia).

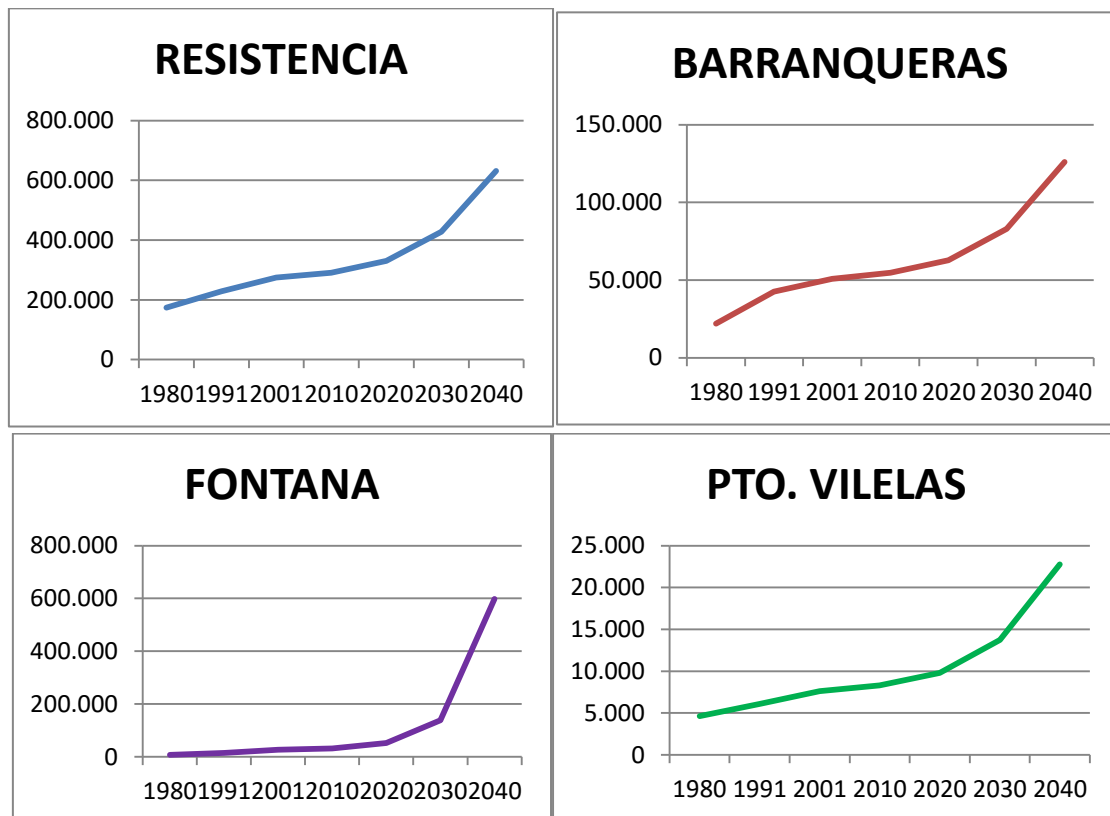


Gráfico 1: Evolución demográfica del Área Metropolitana del Gran Resistencia y proyección a futuro (fuente: elaboración propia).

El precio de mercado de las viviendas en la ciudad de Resistencia es muy elevado en comparación con las ciudades satélites. (Tabla 2). El elevado costo de la construcción y la vivienda en la capital, se debe a que su espacio habitable está limitado por las defensas. (Fig.4). Los nuevos asentamientos dentro de la ciudad se encuentran alejados y carecen de transporte público e instalaciones, lo que fomenta a la población a residir en las ciudades satélites, que no están tan alejadas, poseen una infraestructura adecuada y el precio de la vivienda es inferior. (Tabla 2) y (Fig. 5).



Fig. 4: Distribución de las defensas del Área Metropolitana del Gran Resistencia (fuente: Administración provincial del agua).

Precio promedio de viviendas en Resistencia

	Precio		Precio por m ²	
	Compra	Alquiler	Compra	Alquiler
1 Ambiente	\$151,704	\$3,500	\$1,264	\$29
2 Ambientes	\$589,519	\$3,500	\$3,684	\$22
3 Ambientes	\$1,177,738	N/A	\$5,889	N/A
Mas de 3 Ambientes	\$2,031,818	N/A	\$7,256	N/A

Precio promedio de viviendas en Barranqueras y Pto. Vilelas

	Precio	PRECIO m ²
Vivienda tipo	200.000 \$	4.151 \$

Tabla 2: Precio promedio de venta en pesos del m² de viviendas en Resistencia, Barranqueras y Pto. Vilelas (fuente: www.alamaula.com y elaboración propia).



Fig. 5: Densificación de la población en la zona de estudio (fuente: elaboración propia con base en Google Earth).

Este comportamiento de la población genera un desborde de las vías de comunicación en las horas pico, además estas se encuentran en mal estado y no poseen un plan adecuado para la organización del tránsito. El objetivo del proyecto es determinar el volumen vehicular entre los centros de Resistencia y Barranqueras, estudiar el comportamiento del tránsito y solucionar las falencias del tramo, será necesario implementar medidas estructurales y no estructurales para lograrlo.

Actualmente las 5 avenidas que unen estas dos ciudades son la 9 de Julio, Castelli, Soberanía Nacional, Edison y Lonardi, de las cuales solo las 3 primeras se encuentran asfaltadas en su totalidad. (Fig. 6). La vía que une de forma más directa los dos centros es la av. 9 de Julio, por ella circulan 7 líneas de colectivos urbanos y la línea Chaco-Corrientes. (Fig. 7).



Fig. 6: Avenidas que unen Resistencia con Barranqueras (fuente: elaboración propia con base en Google Earth).

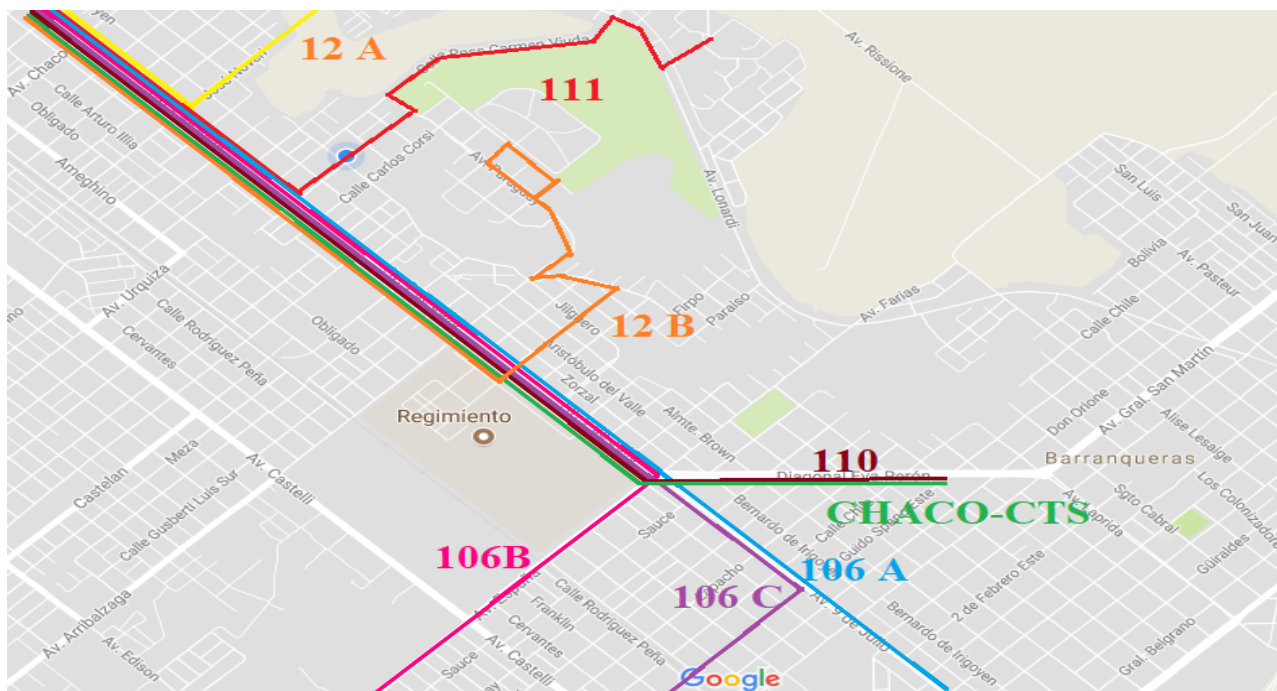


Fig. 7: Trayectoria del transporte público (fuente: elaboración propia con base en Google Maps).

Recorriendo la zona y estudiando opiniones de los usuarios habituales se determinó que el tramo donde se desarrolla la interrupción del tránsito fluido comienza sobre av. 9 de Julio y av. Chaco, este problema se extiende hasta el último semáforo ubicado sobre la avenida y la calle Ángel Dambra. Otro factor que influye negativamente es la carencia de calles laterales en buenas condiciones a ambos lados de la avenida, estas existen, pero por la distribución despareja de las parcelas no tienen continuidad. (Fig. 8).



Fig. 8: Tramo conflictivo sobre av. 9 de Julio e interrupciones en las calles alternativas (fuente: elaboración propia con base en Google Maps).

El ancho de por carril del tramo es de 3,65m, la avenida posee 3 carriles con dirección a Resistencia y 3 a Barranqueras, los carriles de la derecha se disponen para el uso del transporte público (no siempre se encuentran disponibles debido a los infractores). El transitar genera incomodidad al usuario debido la presencia de baches y desniveles en la calzada, además ante las precipitaciones la acumulación de agua inhabilita la circulación por 2 carriles. Estas características generan inseguridad al conductor, alargando su tiempo de viaje y/o generando pérdidas materiales y daños al automotor. (Imagen 1 y 2).



Imagen 1: Baches sobre av. 9 de Julio (fuente: elaboración propia).



Imagen 2: Comportamiento de av. 9 de Julio frente a precipitaciones (fuente: mapas de Google).

La ciudad de Resistencia carece de un adecuado sistema de re direccionamiento del tránsito, y ante cualquier eventualidad, al no haber indicaciones los conductores circulan de forma incorrecta rompiendo las leyes de tránsito. Un claro ejemplo de esto se da durante los partidos y/o eventos en el club Chaco For Ever, donde se genera un flujo en contra mano sobre la calle H. Yrigoyen y ante cualquier accidente por el cual se corte el tránsito.

Los accidentes de tránsito son una fuente constante de interrupciones, estos ocurren en su mayoría en los horarios pico. Esto se puede ver en la gráfica realizada por la Unidad central de emergencias médicas, con los ingresos a la sala del 3 de enero hasta el 10 de septiembre del año 2016.

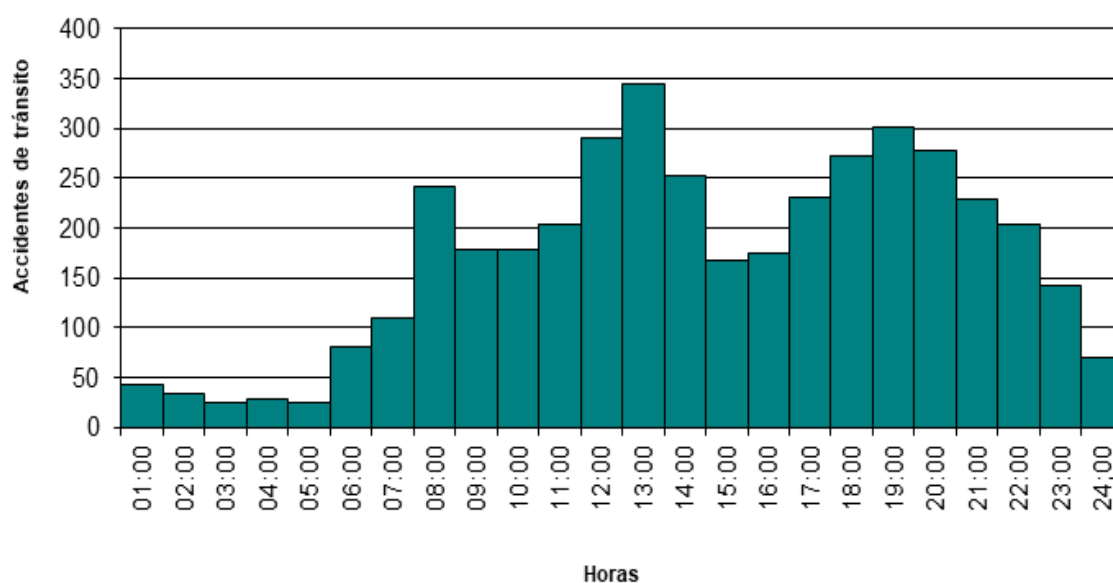


Gráfico 2: Hora de ingreso de personas atendidas por accidentes de tránsito (fuente: Unidad central de emergencias médicas Resistencia - Chaco).

Los datos policiales muestran que un 35% de los accidentados quedan en el lugar (con todo los inconvenientes que esto significa al tránsito y a la producción) y un 53% acuden a los centros de atención medica públicos (un gasto que lo pagan los contribuyentes). (Gráfico 3).

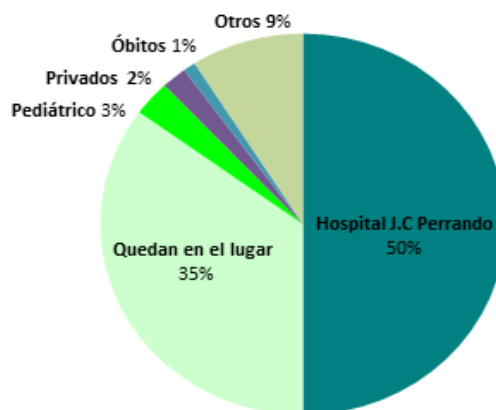


Gráfico 3: Evolución de las personas accidentadas (fuente: Unidad central de emergencias médicas Resistencia- Chaco).

Si se analiza la av. 9 de Julio desde la av. Chaco hasta la Base logística del ejército argentino, se puede ver que según el relevamiento realizado por la Unidad central de emergencias médicas durante 9 meses del 2016, que la cantidad media de accidentes por esquina esta entre 8 a 14. Estos datos son de personas que asistieron a un centro médico, podría estimarse un 35% más que no fue necesaria su atención. Estimando un valor anual, da que sobre este tramo se generan 500 colisiones al año, suponiendo que suceden de igual forma todos los días del año, seria más de una interrupción del flujo vehicular al día. Los pasos a seguir luego de una colisión demoran un promedio 30 minutos, dejando un total de 250 horas de interrupción de la vía al año.



Fig. 9: Distribución y frecuencia de los accidentes en la ciudad de Resistencia (fuente: Unidad central de emergencias médicas Resistencia- Chaco).

Conclusión:

La mayor vía de transporte vehicular tanto personal como público de dos ciudades en desarrollo y con una relación comercial creciente, carece de: señalización adecuada, normas claras y eficientes, calzada en buen estado y vías alternativas. Lo cual genera elevadas pérdidas económicas y podría generar un posible receso en el crecimiento. Es importante para potenciar el desarrollo disminuir costos de traslado, garantizar un transporte público eficiente y ofrecer una mayor comodidad y seguridad para el conductor, pasajero y peatón.

Capítulo 2

Estudio de tránsito

Síntesis

Para evaluar el estado de un tramo es necesario saber la importancia que tiene y tendrá en el futuro, también prever cómo afectará a la cantidad de usuarios un proyecto que lo mejore. Este estudio se hace mediante el relevamiento de datos por censos y estimaciones de crecimiento evaluando el comportamiento económico y social del lugar. Con todo esto se desea llegar a un valor que cuantifique el nivel de uso de la vía en la actualidad y en el porvenir.

2.1) Generalidades

La determinación de los parámetros de diseño de un camino depende de la importancia del mismo. Si este posee o prevé tener un elevado flujo vehicular, el estudio se centrará en la resistencia a las sollicitaciones y la fatiga, pero si no es así, solo se debe tener en cuenta que cumpla los requisitos mínimos y se adapte de forma adecuada al terreno que va a atravesar.

Para poder determinar cuáles serán las condiciones que tendrán mayor importancia se deben realizar conteos y análisis del flujo vehicular y el comportamiento durante el avance del tiempo.

La medida elemental del tránsito es el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) que se define como el volumen total de vehículos que circularon por una sección durante un año dividido el número de días del año, se expresa en veh/día. Durante la determinación del mismo también debe diferenciarse la composición y la variación horaria, diaria y mensual del tránsito.

2.2) Metodología de estudio del tránsito

El conteo de vehículos será la principal fuente del estudio, realizar este procedimiento en lugares estratégicos mostrara el comportamiento de los usuarios, su origen-destino y el volumen de los mismos.

Trabajando con los censos de las estaciones permanentes de la Dirección Nacional de Vialidad, sus coeficientes de estacionalidad y los conteos realizados en horas pico sobre el tramo, se obtendrá la variación del flujo vehicular a lo largo de los días, meses y años. También podrá realizarse proyecciones con el crecimiento del parque automotor y el consumo de combustible de las ciudades de Resistencia y Barranqueras.

Al finalizar esta etapa, se conocerá el valor del TMDA actual, derivado, inducido, generado y proyectado a 20 años. Estos datos servirán para la evolución de soluciones estructurales y no estructurales en los capítulos posteriores.

2.3) Determinación del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA)

Los datos aportados por la Dirección Nacional de Vialidad, en la estación de cobertura permanente ubicada en el peaje entre las provincias Chaco y Corrientes (RN° 16), permiten aproximar el comportamiento y distribución del flujo vehicular. Esto se puede hacer mediante la observación de las horas picos y la obtención de los coeficientes de proporcionalidad, con los cuales se puede estimar los flujos de una vía que carece de datos de una estación permanente solamente realizando conteos en la hora pico.

2.3.1) Censo volumétrico y de clasificación

Se trabajó con los censos realizados por la estación permanente en el peaje.
(Anexo, planilla 1). Estos se realizaron durante 7 días las 24h, comenzando el lunes 20/03/2017 y finalizando el domingo 26/03/2017.

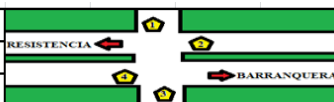
Los datos indican que las horas pico de lunes a jueves se daban de 8 a 9h, los viernes de 19 a 20h, los sábados de 17 a 18h y los domingos de 20 a 21h (Anexo, planilla 1). Estos ya fueron suficientes para comenzar a realizar los censos, los cuales se distribuyeron de forma tal para captar todos los movimientos importantes que se dan en la zona de estudio. Una parte del tramo se encontraba en reparación, lo cual modificó la distribución programada de las mediciones (Fig. 10).



Fig.: 10. Distribución de los censos realizados (fuente: Google Maps y elaboración propia).

El total de horas de conteo fueron 14, no solo se relevaron datos de flujo y composición, sino también se logró fotografiar y determinar las problemáticas de cada intersección. (Tablas: 3).

Estos censos sirven para el estudio a nivel anteproyecto, se recomienda realizar mediciones en simultáneo en cada punto durante una semana en los horarios 7 a 9h, 12 a 13h y 19 a 22h. O en lo posible las 24h de esa semana sin feriados y calendario escolar los 5 días.

FECHA	LUNES 18 DE SEPTIEMBRE DEL 2017 . 8 A 9 HS									
LUGAR	9 DE JULIO Y ROTONDA DE INGRESO A BARRANQUERAS									
CLIMA	SOLEADO Y CALUROSO									
DIRECCION	RESISTENCIA			BARRANQUERAS			PEATONES			
VEHICULO	CAMION/COLECTIVO	AUTOMOVIL	MOTO	CAMION/COLECTIVO	AUTOMOVIL	MOTO	1	2	3	4
8:00-8:15	35	124	120	22	130	55				
8:15-8:30	14	99	75	21	119	45	ESCASOS PEATONES .			
8:30-8:45	8	95	53	15	88	40	NO SE REALIZO CONTEO			
8:45-9:00	18	98	45	17	76	45				
TOTAL	75	416	293	75	413	185	0	0	0	0
OBS: TRÁNSITO ORDENADO Y SIN VEHICULOS ESTACIONADOS A LOS LATERALES										

FECHA	MARTES 19 DE SEPTIEMBRE DEL 2017 . 8 A 9 HS											
LUGAR	INGRESO Y EGRESO DE VEHICULOS EN 9 DE JULIO Y SEMAFORO SOBRE AV. ARRIBALZAGA											
CLIMA	SOLEADO Y CALUROSO											
DIRECCION	INGRESOS/ A. SEELSTRANG		/EGRESOS		INGRESOS/ ARRIBALZAGA		/EGRESOS		PEATONES			
VEHICULO	AUTOMOVIL	MOTO	AUTOMOVIL	MOTO	AUTOMOVIL	MOTO	AUTOMOVIL	MOTO	1	2	3	4
8:00-8:15	15	25	27	65	19	26	17	40	3	4	3	1
8:15-8:30	7	10	16	31	18	14	24	15	3	8	1	0
8:30-8:45	16	18	21	47	6	7	8	19	9	5	1	0
8:45-9:00	6	6	9	34	12	8	7	9	7	1	2	0
TOTAL	44	59	73	177	55	55	56	83	22	18	7	1

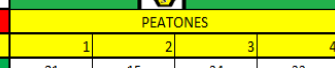
OBS: LARGAS COLAS DE ESPERA INNECESARIAS Y GRAN CANTIDAD DE INFRACTORES DE LA LUZ ROJA

FECHA	MIÉRCOLES 20 DE SEPTIEMBRE DEL 2017 . 8 A 9 HS											
LUGAR	INGRESO Y EGRESO DE VEHICULOS EN 9 DE JULIO Y SEMAFORO SOBRE AV. BOUVIER											
CLIMA	SOLEADO Y CALUROSO											
DIRECCION	INGRESOS/ E. ROMÁN		/EGRESOS		INGRESOS/ AV. BOUVIER		/EGRESOS		PEATONES			
VEHICULO	AUTOMOVIL	MOTO	AUTOMOVIL	MOTO	AUTOMOVIL	MOTO	AUTOMOVIL	MOTO	1	2	3	4
8:00-8:15	40	40	19	17	6	3	22	17	4	3	3	2
8:15-8:30	25	20	25	10	8	6	13	10	3	3	1	0
8:30-8:45	22	32	16	9	7	8	13	20	3	2	5	1
8:45-9:00	30	28	14	9	6	2	11	13	4	2	6	0
TOTAL	117	120	74	45	27	19	59	60	14	10	15	3

OBS: LIMPIAVIDRIOS Y COMERCIANTES GENERAN DISTORSIÓN EN EL TRANSITO DEBIDO A SUS CONSECUTIVOS CRUCES

FECHA	JUEVES 21 DE SEPTIEMBRE DEL 2017 . 8 A 9 HS											
LUGAR	INGRESO Y EGRESO DE VEHICULOS EN 9 DE JULIO Y SEMAFORO SOBRE CALLE BOSCH											
CLIMA	NUBLADO Y CALUROSO											
DIRECCION	INGRESOS/ OLAF WITH		/EGRESOS		INGRESOS/ BOSCH		/EGRESOS		PEATONES			
VEHICULO	AUTOMOVIL	MOTO	AUTOMOVIL	MOTO	AUTOMOVIL	MOTO	AUTOMOVIL	MOTO	1	2	3	4
8:00-8:15	6	7	58	29	20	6	18	3	3	0	5	0
8:15-8:30	7	6	65	50	24	12	7	8	8	3	10	2
8:30-8:45	11	7	58	44	25	3	13	4	17	5	8	3
8:45-9:00	3	6	75	25	19	3	9	5	12	0	5	1
TOTAL	27	26	256	148	88	24	40	19	40	8	28	6

OBS: DÍA DE LA PRIMAVERA, SE TENDRA QUE MAYORAR EL FLUJO DE TRANSITO DEBIDO A QUE ESE DÍA LOS COLEGIOS NO ABRIERON
OBS: VEHICULOS DE GRAN PORTE CIRCULANDO POR CALLES ANGOSTAS, ENTRADA Y SALIDA DE VEHICULOS PROVENIENTES DE SAMEEP

FECHA	VIERNES 22 DE SEPTIEMBRE DEL 2017 . 8 A 9 HS									
LUGAR	AV. 9 DE JULIO Y AV. LAS HERAS									
CLIMA	NUBLADO Y FRIO									
DIRECCION	RESISTENCIA			BARRANQUERAS						
VEHICULO	CAMION/COLECTIVO	AUTOMOVIL	MOTO	CAMION/COLECTIVO	AUTOMOVIL	MOTO	1	2	3	4
8:00-8:15	20	70	93	28	116	38	21	15	34	33
8:15-8:30	32	36	63	26	102	45	25	24	13	35
8:30-8:45	25	40	53	20	90	43	22	19	17	28
8:45-9:00	22	41	48	22	96	39	16	17	16	29
TOTAL	99	187	257	96	404	165	84	75	80	125

OBS: A ESTA ALTURA MUCHOS VEHICULOS YA HABIAN DESVIADO HACIA CALLES LATERALES

FECHA	LUNES 25 DE SEPTIEMBRE DEL 2017 . 8 A 9 HS							
LUGAR	CIRCULACIÓN SOBRE H. YRIGOYEN A LA ALTURA DE E. ROMÁN							
CLIMA	SOLEADO Y CALUROSO							
DIRECCION	RESISTENCIA		PEATONES					
VEHICULO	AUTOMOVIL	MOTO	1	2	3	4		
8:00-8:15	170	115						
8:15-8:30	152	172						
8:30-8:45	130	100						
8:45-9:00	125	95						
TOTAL	577	482	0	0	0	0		

FECHA	MARTES 26 DE SEPTIEMBRE DEL 2017 . 12 a 13 HS							
LUGAR	CIRCULACIÓN SOBRE OLAF WITH A LA ALTURA DE H. YRIGOYEN							
CLIMA	SOLEADO Y CALUROSO							
DIRECCION	BARRANQUERAS		PEATONES					
VEHICULO	AUTOMOVIL	MOTO	1	2	3	4		
8:00-8:15	67	114						
8:15-8:30	71	104						
8:30-8:45	90	104						
8:45-9:00	132	100						
TOTAL	360	422	0	0	0	0		

Tablas 3: Resultado de los censos (fuente: elaboración propia).

Durante la hora pico según el censo volumétrico de tránsito realizado entre los días 20 al 26 de marzo de 2017, tomado de la DNV en la estación de cobertura existente en el peaje, entre las provincias de Chaco y Corrientes en la RNn°16, el caudal que circula corresponde aproximadamente al 10% del total del día. Esto permite la determinación del TMDA existente. (Anexo, planilla 1).

El conteo de clasificación divide el tránsito en 2 categorías, vehículos livianos y pesados. Dentro de los vehículos livianos se encuentran motos, autos y camionetas, y dentro de los pesados colectivos, camiones sin acoplado, camiones con acoplado y camiones con semirremolque.

Al no existir una norma de equivalencia y guiándose con el espacio que ocupa una moto en el carril, se adoptó una equivalencia de 2 motos igual a 1 automóvil. No se ocupara el número de bicicletas que circulan por la sección para el cálculo del TMDA. Como el censo se realizó en el horario pico y según la estación permanente corresponde a 10% del total diario. Se ubica y calcula el TMDA existente (Fig. 11).

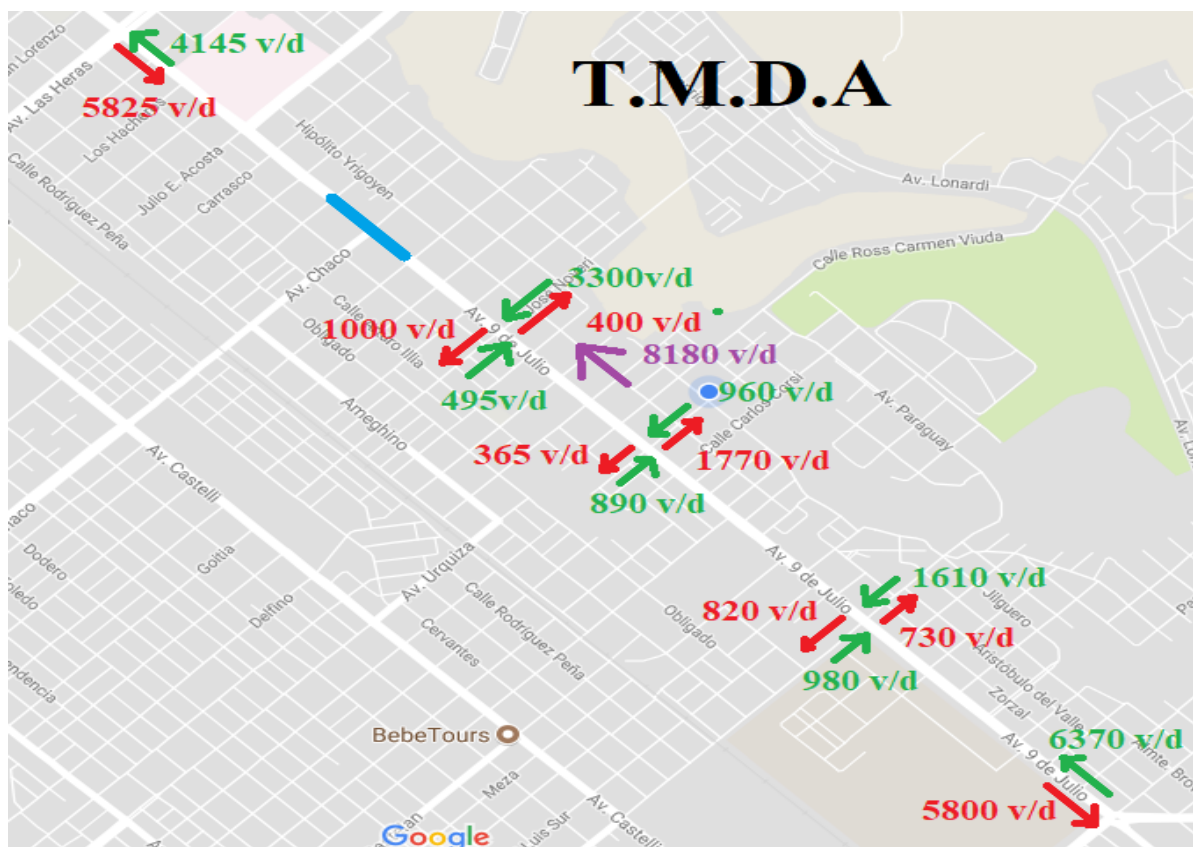


Fig.11: TMDA determinado con los datos del censo (fuente: elaboración propia).

Comparando con los datos de la estación permanente con la cual se sigue trabajando, se puede ver que el intercambio vehicular entre las ciudades Resistencia y Barranqueras es la mitad del valor del flujo entre las provincias Chaco y Corrientes. Ya que el TMDA promedio semanal de la estación permanente se encuentre en 20.000 veh/día y el arrojado por las mediciones aproxima los 12.000 veh/día.

A continuación se proyecta el crecimiento del tránsito a 20 años, con un $r = 3\%$ anual, que adoptaron según recomendaciones de la DNV. (Tabla 4).

TRÁNSITO PROYECTADO EN LAS SECCIONES CENSADAS				
UBICACIÓN	5 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS	20 AÑOS
AV. LAS HERAS	11.558	13.399	15.533	18.007
OLAF WITH	4.289	4.972	5.764	6.683
BOSCH	1.733	2.009	2.329	2.700
E. ROMÁN	3.165	3.669	4.253	4.931
AV. BOUBIER	1.420	1.646	1.909	2.212
A. SEELSTRANG	2.713	3.145	3.646	4.226
AV. ARRIBALZAGA	2.087	2.419	2.804	3.251
AV. 9 DE JULIO (ROTONDA)	14.108	16.355	18.960	21.980
H.YRIGOYEN	9.483	10.993	12.744	14.774
r= 3% ANUAL. RECOMENDACIÓN DE D.N.V				

Tabla 4. Proyección a 20 años del tránsito en las intersecciones (fuente: elaboración propia).

2.3.2) Determinación del tránsito derivado, inducido y generado

Se define al **tránsito derivado** como aquel que deja de utilizar otras alternativas de camino para circular por el camino de proyecto. Se estima a partir de censos de origen y destino en las vías cercanas a la de proyecto, a fin de determinar el porcentaje de vehículos que utilizarán la vía.

Realizar el censo origen destino es una labor que se consideró excede las exigencias a nivel anteproyecto, pero se recomienda realizarlo en las avenidas Castelli, Lonardi y en la calle Zorzal a la altura de la diagonal Eva Perón.

Otra alternativa a los censos origen destino es recurrir al estudio de la densidad poblacional, parque automotor y ubicación, y estimar un área de influencia del proyecto. Este atraerá al usuario por el menor tiempo de demora, la seguridad, el confort y la reducción del costo generalizado de viaje.

Según los datos censales realizados por el ANSES en el año 2.010, la provincia del Chaco tenía 1.055.259 habitantes, de los cuales 385.726 se encuentran en el Área Metropolitana del Gran Resistencia. Con esto se puede decir que el 36% de la población del Chaco se asienta en este lugar.

Suponiendo que la cantidad de patentamientos en la provincia se comporta de la misma forma y según los indicadores de demanda de la provincia del Chaco suministrados por el Ministerio de economía y finanzas públicas (Tabla 5), se proyectan los patentamientos al año 2.017. Sumando los patentados del 2.005 hasta el 2.017 y distribuyendo según la distribución de la población en la provincia se puede estimar que en el Área Metropolitana del Gran Resistencia circulan 80.000 vehículos patentados entre los años 2.005 a 2.017.

Indicadores de demanda													
Indicador	UM	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Consumo cemento Portland	Tn	85.829	114.851	144.756	147.555	177.593	195.424	215.520	241.305	272.903	240.623	254.895	259.714
Distribución de energía eléctrica	GWh	1.083	1.192	1.292	1.423	1.563	1.648	1.788	1.876	1.984	2.195	2.303	2.472
Distribución de gas	miles de m ³	Sin acceso a la red											
Patentamiento	unid.	s/d	s/d	5.257	6.470	8.330	11.762	9.760	9.643	14.346	13.969	15.788	12.797
Permisos de edificación ¹	m ²	134.408	91.969	172.720	159.773	173.754	110.102	140.454	134.033	166.503	179.132	238.887	187.709
Venta de combustibles	m ³	224.941	232.294	296.333	332.748	381.650	372.164	362.285	417.631	440.913	420.658	425.353	417.157

Tabla 5: Indicadores de demanda de la provincia del Chaco (fuente: ministerio de economía y finanzas públicas).

Se prosigue distribuyendo esa cantidad de vehículos conforme la densidad poblacional proyectada al 2.020 dentro del área. (Tabla 6). Resistencia posee el 72% de los vehículos patentados, Barranqueras 14% y Pto. Vilelas 2%, pasado a números en Resistencia se encuentran 57.600 vehículos patentados entre 2.005 y 2.017, en Barranqueras 11.200 y Pto. Vilelas 1.600.

Evolución Demográfica del Área Metropolitana del Gran Resistencia						
Ciudad	Departamento	Año				
		1980	1991	2001	2010	2020
Resistencia	San Fernando	174.419	229.212	274.490	290.723	330.806
Barranquera	San Fernando	21.900	42.572	50.736	54.698	62.857
Fontana	San Fernando	7.303	14.436	26.745	32.027	52.169
Puerto Vilela	San Fernando	4.604	6.067	7.617	8.278	9.798

Tabla 6: Evolución demográfica del Área Metropolitana del Gran Resistencia y proyección a futuro (fuente: INDEC y elaboración propia).

Distribuyendo la cantidad de vehículos de forma homogénea según el área habitada dentro de cada ciudad se determinó que por kilómetro cuadrado dentro de la ciudad de Resistencia se encuentran 950 vehículos, en Barranqueras 811 veh/km² y en Pto. Vilelas 695 veh/km².

Determinada un área de influencia de la obra se procede a calcular un flujo de vehículos en la situación con proyecto. (Fig. 12). Realizando la apertura de las calles Brown, H. Yrigoyen y Zorzal se prevé un flujo vehicular de 7.900 veh/día en sentido ascendente y aproximadamente igual en sentido descendente, La circulación por avenida 9 de Julio, proyectada para el flujo de los habitantes de la ciudad de Barranqueras, Pto. Vilelas y de Corrientes, tendrá una magnitud de 11.029 veh/día.



Fig. 12: Area de influencia del proyecto (fuente: elaboración propia y Google Earth).

El tránsito derivado que circulara sobre Almt. Brown tendra igual magnitud al actual tránsito sobre la calle H. Yrigoyen. Mientras tanto el tránsito sobre av. 9 de Julio disminuirá en 21% , pero esto no significa que no se genere un incremento de usuarios, ya que el origen del flujo de de la calle Almt. Brown es de vehículos que optaron por no ingresar a la avenida, dejando una tránsito derivado por la mejora sobre la avenida de 5.000 veh/día.

El **tránsito inducido** se produce por viajes motivados por la mejora y que si no hubiera mejora esos viajes no se realizarían. Según el pliego de especificaciones técnicas de la DNV se considera que el mismo será 20% del TMDA existente. (Tabla 7).

TMDA inducido= TMDA actual*0,20		
UBICACIÓN	ACTUAL	INDUCIDO
AV. LAS HERAS	9.970	1.994
OLAF WITH	3.700	740
BOSCH	1.495	299
E. ROMÁN	2.730	546
AV. BOUBIER	1.225	245
A. SEELSTRANG	2.340	468
AV. ARRIBALZAGA	1.800	360
AV. 9 DE JULIO (ROTONDA)	12.170	2.434
H.YRIGOYEN	8.180	1.636

Tabla 7: Tránsito inducido en los lugares censados (fuente: elaboración propia).

El **tránsito generado** se produce como efecto de la mejora, al producirse asentamientos industriales, agroindustriales, agropecuarios, subdivisión de la tierra, etc. Se supone que las empresas que se ubican en el parque industrial de Barranqueras, el cual todavía no está en pleno desarrollo, ocuparan esta vía para obtener mercadería o recibir insumos (Fig. 12). Además el tramo de la av. 9 de Julio desde la rotonda comenzó a desarrollarse como una avenida comercial, la mejora en la circulación incrementara el uso del tramo, lo cual favorecerá a los comerciantes de la zona y sus niveles de producción. Se proyecta que el incremento en el tránsito sobre av. será de 7%.



Fig. 12: Ubicación del parque industrial Barranqueras en el mapa (fuente: elaboración propia sobre Google Maps).

Sobre las calles H.Yrigoyen, Zorzal y Brown se prevé un incremento del tránsito de la misma magnitud, pero en este caso se deberá al aumento de densidad poblacional, atraídos por el fácil acceso a los barrios, Tabla 8.

TMDA generado= TMDA actual*0,07		
UBICACIÓN	ACTUAL	GENERADO
AV. LAS HERAS	9.970	698
OLAF WITH	3.700	259
BOSCH	1.495	105
E. ROMÁN	2.730	191
AV. BOUBIER	1.225	86
A. SEELSTRANG	2.340	164
AV. ARRIBALZAGA	1.800	126
AV. 9 DE JULIO (ROTONDA)	12.170	852
H.YRIGOYEN	8.180	573

Tabla 8: TMDA generado por la mejora (fuente: Elaboración propia).

Sumando todos los valores obtenidos dan como resultado el TMDA de la situación con proyecto al año 2.017. (Tabla 9).

TMDA DE PROYECTO AÑO 2017 (VEH/DÍA)					
UBICACIÓN	ACTUAL	DERIVADO	INDUCIDO	GENERADO	TOTAL
AV. LAS HERAS	9.970	5.000	1.994	698	17.662
OLAF WITH	3.700		740	259	4.699
BOSCH	1.495		299	105	1.899
E. ROMÁN	2.730		546	191	3.467
AV. BOUBIER	1.225		245	86	1.556
A. SEELSTRANG	2.340		468	164	2.972
AV. ARRIBALZAGA	1.800		360	126	2.286
AV. 9 DE JULIO (ROTONDA)	12.170	5.000	2.434	852	20.456
H.YRIGOYEN	8.180		1.636	573	10.389
BROWN		7.900			7.900

Tabla 9. TMDA de situación con proyecto al año 2.017 (fuente: elaboración propia).

2.4) Determinación de la tasa de crecimiento (exponencial)

Para determinar la tasa de crecimiento (r), se debe tener en cuenta realizar un estudio socio – económico de la región. El Ing. Horacio R. Vallejos propone en su libro “Elaboración de un proyecto vial, tomo 1: Planeamiento, 2.012” analizar las series históricas de los siguientes parámetros socio – económicos:

- ✚ Población;
- ✚ Producción;
- ✚ Consumo de combustible;
- ✚ Parque automotor;
- ✚ T.M.D.A. (existentes en la región).

PARAMETROS	OBRA NUEVA	OBRA DE REHABILITACIÓN
Población	15% rp	10% rp
Parque automotor	20% ra	15% ra
TMDA	35% rtmda	50% rtmda
Cons. Combustible	15% rc	15% rc
Producción	15% rpro	10% rpro
Tasa de crecimiento	% r	% r

Tabla 10: Porcentaje de ponderaciones (fuente: Vallejos Horacio R. 2012).

Se podría optar por dividir la obra en 2 partes, la realización de un tramo nuevo el cual seria sobre la calle Brown y otra parte rehabilitación del tramo existente de la av. 9 de Julio. Por cuestiones se trabajara como obra de rehabilitación debido a que la mayor parte del proyecto se trata de eso, por ende se trabajara con los valores de la segunda columna. Tabla 10.

Para calcular la tasa de crecimiento individual (ri) hay que trabajar en función de una serie estadística:

- ✚ $ri = (rf/ro)^{(1/n)} - 1$
- ✚ rf = último dato de la serie
- ✚ ro = primer dato de la serie
- ✚ n = número de años de la serie

Se analizaran las series históricas en función a los datos de la provincia del Chaco.

2.4.1) Tasa de crecimiento individual de la población

La tasa de crecimiento individual en función de la población, se obtiene a través de los datos registrados por el INDEC en el Área Metropolitana del Gran Resistencia.

EVOLUCIÓN DEMOGRÁFICA DEL AMGR						
COMPONENTE	CENSO 2010	CENSO 2001	CENSO 1991	CENSO 1980	CENSO 1970	CENSO 1960
RESISTENCIA	290.723	274.490	229.212	174.419	S/D	S/D
BARRANQUERAS	54.698	50.738	42.572	21.900	S/D	S/D
FONTANA	32.027	26.745	14.436	7.303	S/D	S/D
PUERTO VILELAS	8.278	7.617	6.067	4.604	S/D	S/D
TOTAL	385.726	359.590	292.287	208.226	142.848	108.287
$rp = (pf/po)^{1/n} - 1 = (385.726/108.287)^{1/50} - 1 = 2,57\%$						

Tabla 11: Evolución demográfica del AMGR y tasa de crecimiento individual de la población (fuente: elaboración propia e INDEC).

Se utilizan los datos censales registrados durante 50 años, utilizando la fórmula propuesta por el método se obtiene como resultado un **rp**= 2,57% (Tabla 11).

2.4.2) Tasa de crecimiento individual del parque automotor

Con el registro de patentamiento de automóviles realizados en la provincia del Chaco y analizando la serie histórica del 2.005 al 2.014 se obtiene la tasa de crecimiento individual del parque automotor (Tabla 12). El incremento no solo se debe al aumento de la población, sino también al cambio cultural de la sociedad, su poder adquisitivo y el aumento de la necesidad de transporte.

INDICADOR	UNIDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
PATENTAMIENTO	unid.	s/d	s/d	5.257	5.470	8.330	11.762	9.760	9.643	14.346	13.969	15.788	12.797
CONSUMO DE COMBUSTIBLES	m3	224.941	232.294	296.333	332.748	381.650	372.164	362.285	417.631	440.913	420.658	425.353	417.157
$ra = (af / ao)^{1/10} - 1 = (12.797/5.257)^{1/10} - 1 = 9,3\%$													

Tabla 12: Indicadores de demanda de la provincia del Chaco (fuente: ministerio de economía y finanzas públicas).

Con los indicadores de demanda registrados durante 9 años, utilizando la fórmula propuesta por el método se obtiene como resultado un **ra** = 9,30%.

2.4.3) Tasa de crecimiento individual del consumo de combustible

El análisis de combustible parte de la serie histórica de ventas del mismo en la provincia del Chaco provista por el Ministerio de economía y finanzas públicas, el periodo comienza en el año 2.003 y finaliza en el 2.014. (Tabla 13).

INDICADOR	UNIDAD	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
PATENTAMIENTO	unid.	s/d	s/d	5.257	5.470	8.330	11.762	9.760	9.643	14.346	13.969	15.788	12.797
CONSUMO DE COMBUSTIBLES	m3	224.941	232.294	296.333	332.748	381.650	372.164	362.285	417.631	440.913	420.658	425.353	417.157
$rc = (cf / co)^{1/10} - 1 = (417.157/224.941)^{1/10} - 1 = 5,28\%$													

Tabla 13: Indicadores de demanda (fuente: ministerio de economía y finanzas públicas).

Con los indicadores de demanda registrados durante 9 años, utilizando la fórmula propuesta por el método se obtiene como resultado un **rc = 5,28%**.

2.4.4) Tasa de crecimiento individual del TMDA

Con el registro de la RNn°11 en el tramo limitado por la intersección con la ex RNn°89 y la intersección con la entrada a Resistencia, entregado por la DNV se determina la tasa de crecimiento individual del TMDA (Fig. 13 y tabla 14).



Fig. 13: Ubicación de la zona donde se ubica la estación permanente (fuente: elaboración propia y mapas de Google).

SERIE HISTÓRICA ESTACIÓN PERMANENTE- DNV DISTRITO 18									
AÑO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
TMDA	2.489	2.609	2.595	2.751	3.163	3.117	3.264	3.088	3.184
$r_{TMDA} = [(TMDA_f / TMDA_o)^{1/n}] - 1 = (3.184 / 2.489)^{1/8} - 1 = 3,12\%$									

Tabla 14: Serie histórica de la estación permanente sobre RNn°11 (fuente: elaboración propia y registro de la DNV).

Con los indicadores de demanda registrados durante 9 años, utilizando la fórmula propuesta por el método se obtiene como resultado un **r_{TMDA} = 3,12%**.

2.4.5) Tasa de crecimiento individual de la producción

La tasa de crecimiento de la producción resulta de un promedio de las tasas de crecimiento de producción ganadera, agrícola y forestal. Debido a que estas tres actividades son las más preponderantes que se desarrollan en la provincia del Chaco.

INDICADORES DE PRODUCCIÓN														
ACTIVIDAD	PRODUCTO	U.M	2.003	2.004	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	2.011	2.012	2.013	2.014
GANADERA	STOCK BOVINO	miles de cab.	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	2.627	2.578	2.379	2.333	2.634	2.646	2.610
	FAENA BOVINA	miles de cab.	179	257	242	202	215	278	328	247	200	s/d	s/d	s/d
	STOCK CAPRINO	miles de cab.	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	320	342	365	380	480	480
AGRÍCOLA	ALGODÓN	miles de tn	106	205	285	266	329	278	227	434	517	271	192	482
	SOJA	miles de tn	1.606	841	878	1.396	1.307	2.750	655	1.551	1.655	295	554	1.385
	GIRASOL	miles de tn	501	430	188	655	570	471	125	37	366	414	549	158
	SORGO	miles de tn	144	92	252	438	384	463	142	357	309	139	250	473
FORESTAL	LEÑA DE BOSQUE NATIVO	miles de tn	716	865	824	859	688	713	753	818	813	703	690	s/d
	ROLLIZOS DE BOSQUE NATIVO	miles de tn	418	433	480	453	368	399	315	367	304	436	375	s/d
	POSTES DE BOSQUE NATIVO	miles de tn	34	35	38	44	19	19	15	18	13	13	9	s/d
	CARBÓN	miles de tn	204	234	213	216	199	245	238	246	278	267	313	s/d
	TANINO DE QUEBRACHO	miles de tn	41	50	50	57	58	51	37	57	50	54	48	s/d
CRECIMIENTO GANADERO = $r_{prodG} = [(3090/2898)^{1/5}] - 1 = 1,29\%$														
CRECIMIENTO AGRICOLA = $r_{proA} = [(2501/2357)^{1/12}] - 1 = 0,48\%$														
CRECIMIENTO FORESTAL = $r_{proF} = [(1435/1413)^{1/11}] - 1 = 0,14\%$														

Tabla 15: Indicadores de producción y tasas de crecimiento (fuente: ministerio de economía y finanzas públicas).

Con los indicadores de demanda registrados durante los años de registro de cada rubro y utilizando la fórmula propuesta por el método se obtiene como resultado un **rpro = 0,64%** en promedio entre las 3 actividades.

2.4.6) Determinación final de la tasa de crecimiento de la región

Siguiendo los pasos propuestos por el método una vez determinadas las tasas individuales se obtiene la tasa de crecimiento ponderada para una obra de rehabilitación (Tabla 16).

PARAMETROS	OBRA DE REHABILITACIÓN	TASA INDIVIDUAL	TASA PONDERADA
Población	10% rp	2,57%	0,26%
Parque automotor	15% ra	9,30%	1,40%
TMDA	50% rtmda	3,12%	1,56%
Cons. Combustible	15% rc	5,28%	0,79%
Producción	10% rpro	0,64%	0,06%
Tasa de crecimiento = r%			4%

Tabla 16: Tasa de crecimiento ponderada para una obra de rehabilitación en la provincia del Chaco (fuente: elaboración propia).

Con esta tasa se determina el crecimiento del TMDA al principio de la vida útil de la obra y al final de esta. Se toma una vida útil de 20 años, aunque podría ser mayor con un mantenimiento adecuado. La proyección del tránsito se realiza sobre la av. 9 de Julio y la calle H. Yrigoyen debido a que se prevé disminuir los flujos de ingreso a la avenida, por lo tanto se predice que habrá una disminución de circulación por las calles perpendiculares a la avenida y no un crecimiento. El estudio se funda en la premisa que el TMDA sobre la calle Almte. Brown será igual al que circula por la calle H. Yrigoyen.

Como TMDA de diseño se toma un promedio del que circulara al terminar la obra, lo cual se considera tardara 3 años, y el tránsito al finalizar la vida útil de la misma (Tabla 17).

OBTENCIÓN DEL TRÁNSITO DE DISEÑO				
UBICACIÓN	ACTUAL	2.020	2.040	DISEÑO
AV. LAS HERAS	17.662	19.482	42.686	31.084
AV. 9 DE JULIO (ROTONDA)	20.456	22.563	49.439	36.001
H.YRIGOYEN	10.389	11.459	25.109	18.284

Tabla 17: Proyección del tránsito finalizar la obra, al final de su vida útil y obtención del TMDA de diseño (fuente: elaboración propia.)

2.5) Conclusiones

La metodología de estudio utilizada ha permitido estimar flujos a futuro para determinar si el camino se encuentra en capacidad, si hay solo fallas en la organización o en cuanto tiempo el tránsito desbordara la capacidad del tramo, también se pudo adquirir conciencia de la magnitud del flujo vehicular por este y la estrecha relación entre las dos ciudades.

Estos valores servirán como guía de trabajo a los capítulos siguientes donde se estudiara si existe un problema, si existe cual es y cómo solucionarlo.

Capítulo 3

Estudio de suelos

Síntesis

Para poder determinar los espesores del paquete estructural es necesario realizar ensayos que muestren cómo está compuesto el perfil edafológico, su distribución y su comportamiento ante la compactación. Los resultados que se obtendrán impactan directamente en el costo de la obra, es favorable encontrar suelos resistentes porque implica una disminución de espesores en el paquete estructural. El no encontrar buenas características del suelo natural genera costos adicionales debido al mejoramiento que deberá realizarse. Al finalizar el capítulo se sabrá en cuál de los casos se trabajara.

3) Generalidades

La resistencia de los suelos varía en función de su clasificación, densidad y sobre todo el contenido de humedad. Para poder analizar las propiedades del suelo presente en la traza se estudiara al mismo siguiendo las Normas de Ensayos de Vialidad Nacional, determinando las siguientes propiedades:

- ✚ Humedad natural;
- ✚ Límite de Atterberg;
- ✚ Clasificación;
- ✚ Humedad optima y densidad seca máxima;
- ✚ Valor soporte relativo e hinchamiento.

Para determinar dichas propiedades y analizar las zonas inestables o poco resistentes, se procederá a extraer muestras en puntos que sean representativos de la traza. De manera tal de proyectar un pavimento seguro durante la construcción y servicio.

3.1) Extracción de muestras

La correcta extracción de las muestras implica posteriormente una correcta determinación de las características físicas. Dependiendo del tipo de ensayo se extraerá muestras alteradas o inalteradas, teniendo en cuenta todos los recaudos que sean convenientes desde el momento que se extrae hasta llevarlo al laboratorio para conservar la humedad in-situ. Se procedió a extraer muestras en 2 puntos representativos de la traza. (Fig. 14).



Fig. 14: Ubicación de los puntos de muestreo (fuente: elaboración propia).

La extracción de las muestras se realizó mediante pala y barreno posteador (fig. 15), en campo se clasifico por su color y textura, inmediatamente después fueron conservadas e identificadas en bolsas de plástico hasta llevarlo al laboratorio (Fig. 16).



Fig. 15: Elementos utilizados (fuente: elaboración propia).



Fig. 16: Conservación e identificación de las muestras (fuente: elaboración propia).



3.2) Clasificación del suelo

Para clasificar el tipo de suelo se utiliza el método H.R.B que es de uso exclusivo para construcciones viales, siguiendo las especificaciones de la norma de ensayo de VN-E4-84, el método en primera instancia diferencia al suelo en dos grandes grupos:

Suelo fino: cuando el 35% o más del suelo seco pasa por el tamiz #200 (0,074mm).

Suelo granular: cuando el 35% o más del suelo seco es retenido por el tamiz #200 (0,074mm).

Dependiendo de los límites de Atterberg los divide en diferentes grupos variando desde el A-1 al A-7. (Tabla 18).

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3					A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx				- - 36 min			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 Limite liquido Indice de plasticidad	- 6 máx		- NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			
(1):	No plástico										
(2):	El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30 El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30										

Tabla 18: Clasificación del tipo de suelo (fuente: Normas de ensayo de Vialidad Nacional).

A continuación se adjuntan las tablas y resultados obtenidos de los ensayos en el Laboratorio de Geotecnia de la facultad de ingeniería, con la ayuda del laboratorista Zampa Cristian.

3.2.1) Determinación de la humedad natural

HUMEDAD NATURAL										
Muestra N°	Prof. (cm)		PF	Tara	PF+Sh	PF+Ss	Agua	Ss	Wn	Observaciones
	desde	hasta	N°	gr	gr	gr	gr	gr	%	
P1 M1	20	45	37	23,54	152,72	136,65	16,07	113,11	14,21	
P2 M1	0	45	49	24,23	143,36	123,03	20,33	98,8	20,58	

Tabla 19: Humedad natural (fuente: elaboración propia).

3.2.2) Lavado de tamiz #200

Se procedió siguiendo las especificaciones de la norma de ensayo VN-E1-65, la cual permite determinar el porcentaje de suelo seco que pasa por el tamiz #200. El límite es del 35% lo que permite diferenciar si se trata de un suelo fino o granular. (Fig. 17).



Fig. 17: Lavado del suelo sobre tamiz #200 (fuente: Elaboración propia).

A continuación se adjunta los valores obtenidos. (Tabla 20).

LAVADO TAMIZ 200											
Muestra Nº	Prof. (cm)		Taza	Tara	Sh	T + Ssr	Ss Ret.	Ss Inicial	Ss Ret.	pasa tamiz#200	Observaciones
	desde	hasta	Nº	gr	gr	gr	gr	gr	%	%	
P1 M1	20	45	3	123,12	100	140,91	17,79	85,79	20,74	65,06	suelo fino
P2 M1	0	45	4	140,42	100	160,65	20,23	79,42	25,47	53,95	suelo fino

Tabla20: Porcentaje de suelo seco que pasa tamiz #200 (fuente: elaboración propia).

3.2.3) Límites de Atterberg

Límite líquido: Es el contenido de humedad existente en un suelo, expresado en por ciento del peso del suelo seco, en el límite entre el estado plástico y el estado líquido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm. de espesor fluya y se unan en una longitud de 12 mm. aproximadamente en el fondo de la muesca que separa las dos mitades, cuando la cápsula que la contiene golpea 25 veces desde una altura de 1cm. a la velocidad de 2 golpes por segundo (Fig. 18).

Límite Plástico: Es el contenido de humedad existente en un suelo, expresado en por ciento del peso de suelo seco, en el límite entre el estado plástico y el estado sólido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el más bajo contenido de humedad con el cual el suelo al ser moldeado en barritas cilíndricas de menor diámetro cada vez comienza a agrietarse cuando las barritas alcanzan a tener 3 mm. de diámetro. (Fig.19). (Fuente: Norma de Ensayo de Vialidad Nacional).

Índice de plasticidad: El índice de plasticidad de un suelo es la diferencia numérica entre los valores del límite líquido y el límite plástico de un mismo suelo, indicando el margen del contenido de humedad en el cual es trabajable un suelo arcilloso.



Fig. 18: Determinación del límite líquido (fuente: Elaboración propia).



Fig. 19: Determinación del límite plástico (fuente: Elaboración propia).

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO											
Muestra Nº	Prof. (cm)		Ensayo	Golpes	Fac. de	PF	Tara	PF+Sh	PF+Ss	LL/LP	Observaciones
	desde	hasta		Nº	Corr.	Nº	gr	gr	gr	%	
P1 M1	20	45	LL	23	1,011	36	23,74	41,06	36,71	33,9	
	20	45	LP	-	-	45	24,35	46,61	43,66	15,3	
P2 M1	0	45	LL	25	1	2	23,6	43,78	37,61	44,0	
	0	45	LP	-	-	02*	15,11	39,5	35,76	18,1	

Tabla 21. Límites de Atterberg (fuente: Elaboración propia).

3.2.4) Resultados

Una vez determinado el porcentaje de pasa tamiz #200 y los límites de Atterberg, se procede a clasificar el suelo según el método H.R.B. (Tabla 22).

RESULTADOS									
Muestra Nº	Prof. (cm)		Wn %	#200 %	LL %	LP %	IP %	IG	Clasificación HRB
	desde	hasta							
P1 M1	20	45	14,21	72,51	33,9	15,3	18,6	11	A-6(11)
P2 M1	0	45	20,58	75,61	44,0	18,1	25,9	19	A-7-6(19)

Tabla 22: Resultados (fuente: Elaboración propia)

3.3) Ensayo de compactación

La compactación se mide cuantitativamente mediante la densidad seca máxima. El proceso de compactación permite la expulsión de aire presente en el suelo a través del aporte de energía mecánica, permitiendo a las partículas estar más unidas firmemente entre sí, lo que implicaría un incremento de la resistencia mecánica, disminuyendo la permeabilidad y su deformación.

Al compactar un suelo intervienen varios factores como ser la humedad y la energía de compactación. Si a un suelo con cierto porcentaje de humedad inicial se le aporta una misma energía de compactación a medida que se va incrementando el contenido de humedad a razón del 2% o 3%, este presenta un aumento en su peso específico, pero llegara a un punto en el cual el agua empieza a ocupar parte del suelo lo que implica una disminución del mismo, en este punto la densidad seca es máxima por la tanto la humedad es óptima para la compactación (Fig. 20).

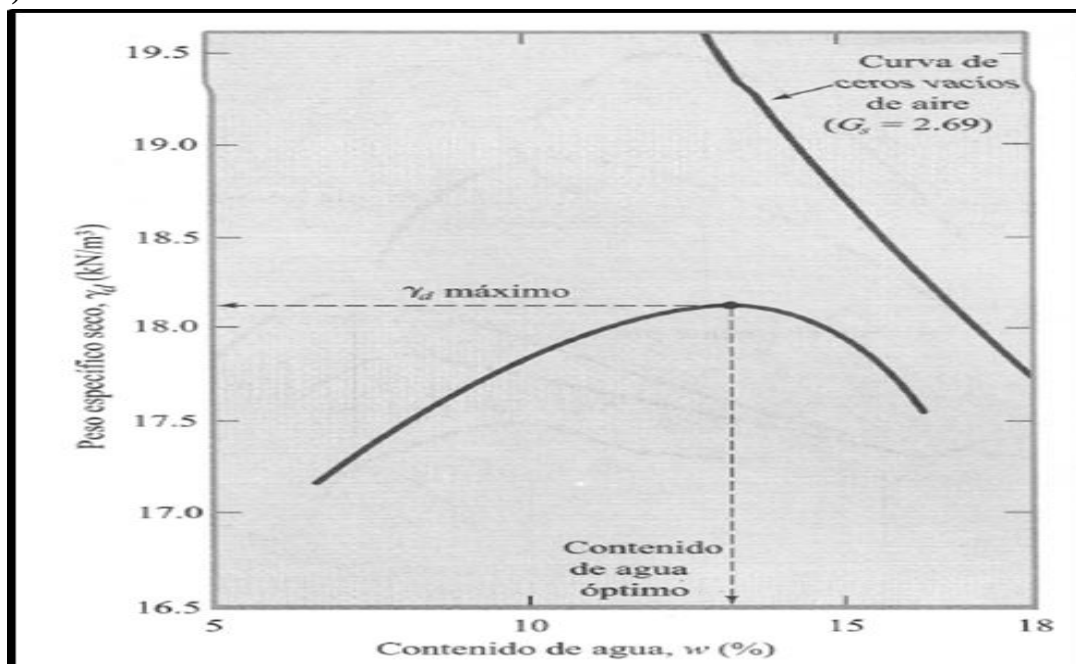


Fig. 20: Ensayo proctor estándar de suelo arcilloso (fuente: Braja M. Das, 2001).

El ensayo se realizó en el laboratorio de geotecnia de la Facultad de Ingeniería siguiendo las especificaciones de la norma de ensayo VN-E5-93. Tratándose de un suelo fino corresponde realizar un ensayo proctor estándar.

Se adjuntan las tablas y resultados a continuación. (Tabla 23 Y 24).

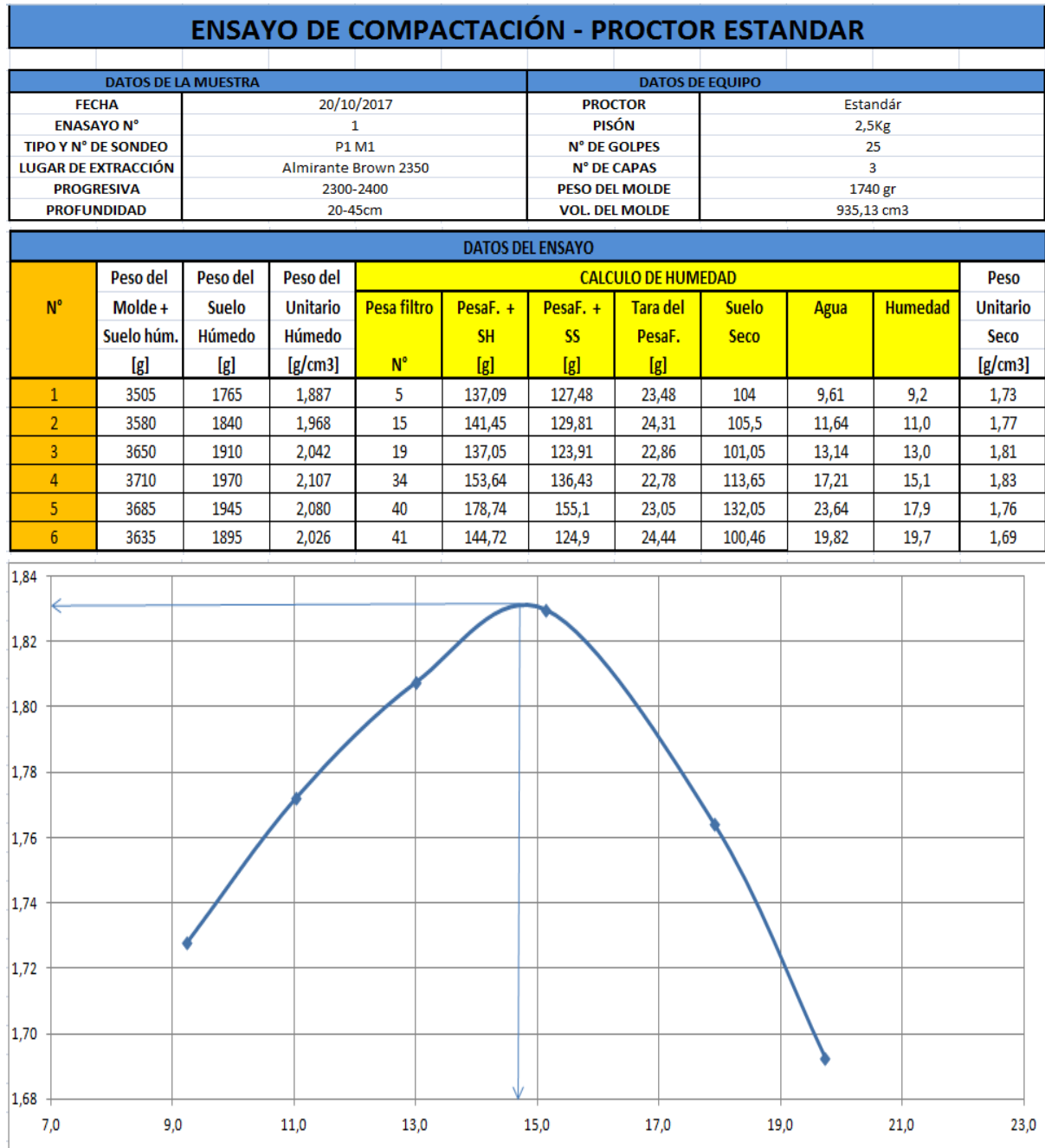


Tabla 23: Proctor estándar de la muestra del pozo 1 (fuente: Elaboración propia)

Los resultados obtenidos del pozo 1 son los siguientes:

- ✚ Peso específico seco (γ_s) = 1,83 g/cm³
- ✚ Humedad óptima (w) = 14,5%

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR ESTANDAR											
DATOS DE LA MUESTRA				DATOS DE EQUIPO							
FECHA	20/10/2017			PROCTOR	Estandár						
ENASAYO N°	2			PISÓN	2,5Kg						
TIPO Y N° DE SONDEO	P2 M1			N° DE GOLPES	25						
LUGAR DE EXTRACCIÓN	Almirante Brown 2750			N° DE CAPAS	3						
PROGRESIVA	2700-2800			PESO DEL MOLDE	1740 gr						
PROFUNDIDAD	20-45cm			VOL. DEL MOLDE	935,13 cm3						
DATOS DEL ENSAYO											
N°	Peso del Molde + Suelo húm.	Peso del Suelo Húmedo	Peso del Unitario Húmedo	CALCULO DE HUMEDAD							Peso Unitario Seco
	[g]	[g]	[g/cm3]	Pesa filtro N°	PesaF. + SH [g]	PesaF. + SS [g]	Tara del PesaF. [g]	Suelo Seco	Agua	Humedad	[g/cm3]
1	3480	1740	1,861	22	132,28	118,66	22,73	95,93	13,62	14,20	1,63
2	3605	1865	1,994	8	142,44	125,24	23,34	101,9	17,2	16,88	1,71
3	3685	1945	2,080	14	152,9	131,97	24,59	107,38	20,93	19,49	1,74
4	3630	1890	2,021	18	160,07	135,57	23,28	112,29	24,5	21,82	1,66
5	3590	1850	1,978	21	131,83	111,51	23,28	88,23	20,32	23,03	1,61

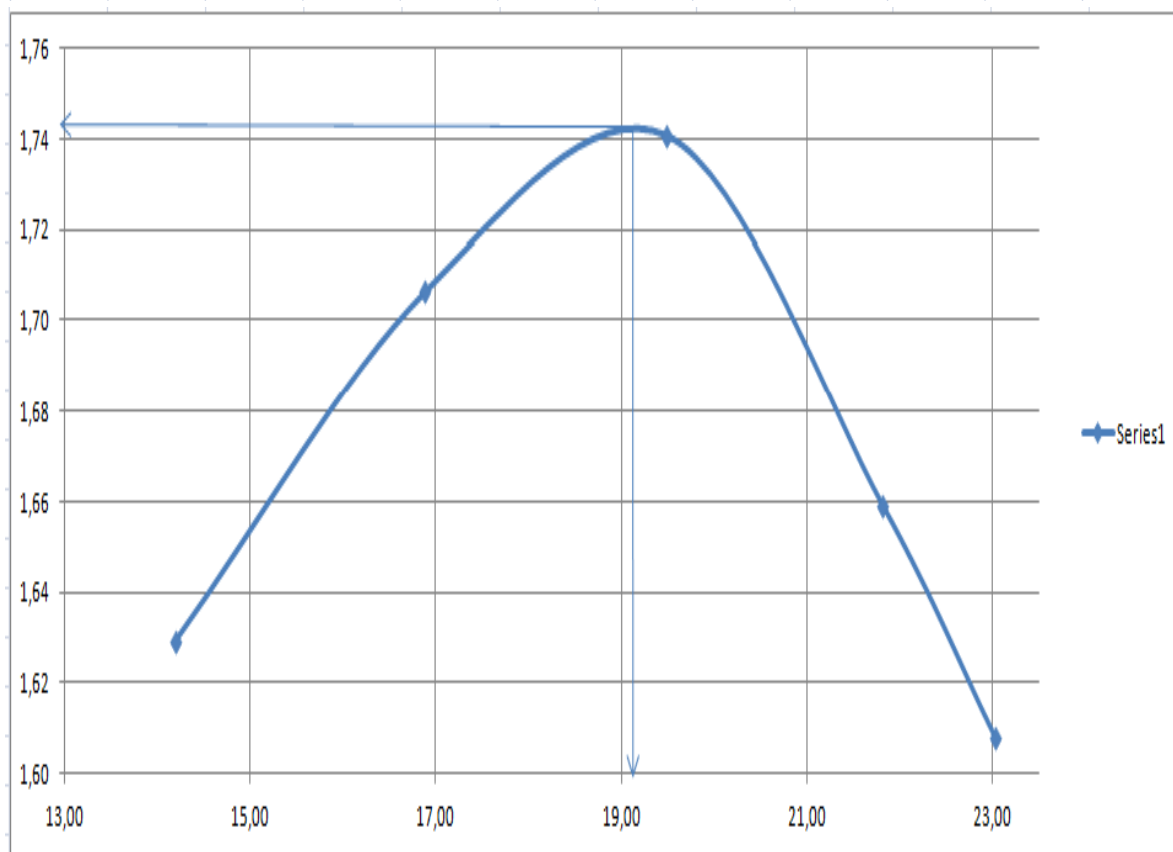


Tabla 24: Proctor estándar de la muestra del pozo 2 (fuente: Elaboración propia).

Los resultados obtenidos del pozo 2 son los siguientes:

- ✚ Peso específico seco (γ_s) = 1,74g/cm²
- ✚ Humedad optima (w) = 19%

3.4) Ensayo de valor soporte relativo e hinchamiento

La norma de ensayo de VN-E6-84 detalla los procedimientos a llevarse a cabo para la ejecución del ensayo de valor soporte relativo e hinchamiento, no se realizó por falta de tiempo y equipamiento. Al ser un estudio a nivel de anteproyecto, se determinó el valor soporte relativo en función del índice de grupo, este se obtiene mediante relaciones empíricas, el resultado es un valor estimativo de orientación y gran utilidad para proseguir con el dimensionamiento.

Mediante el asesor técnico el Dr. Celestino L. Ruiz de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, en la revista Clasificación de Materiales para Subrasantes del HRB (1966), apoyándose en el trabajo del Ingeniero R.E. Livingston del estado de Colorado de los EE.UU. Establece una relación aproximada entre el IG y el VSR, teniéndose en cuenta que esta relación es válida para el 100% de la densidad seca máxima y humedad óptima. (Fig. 21).

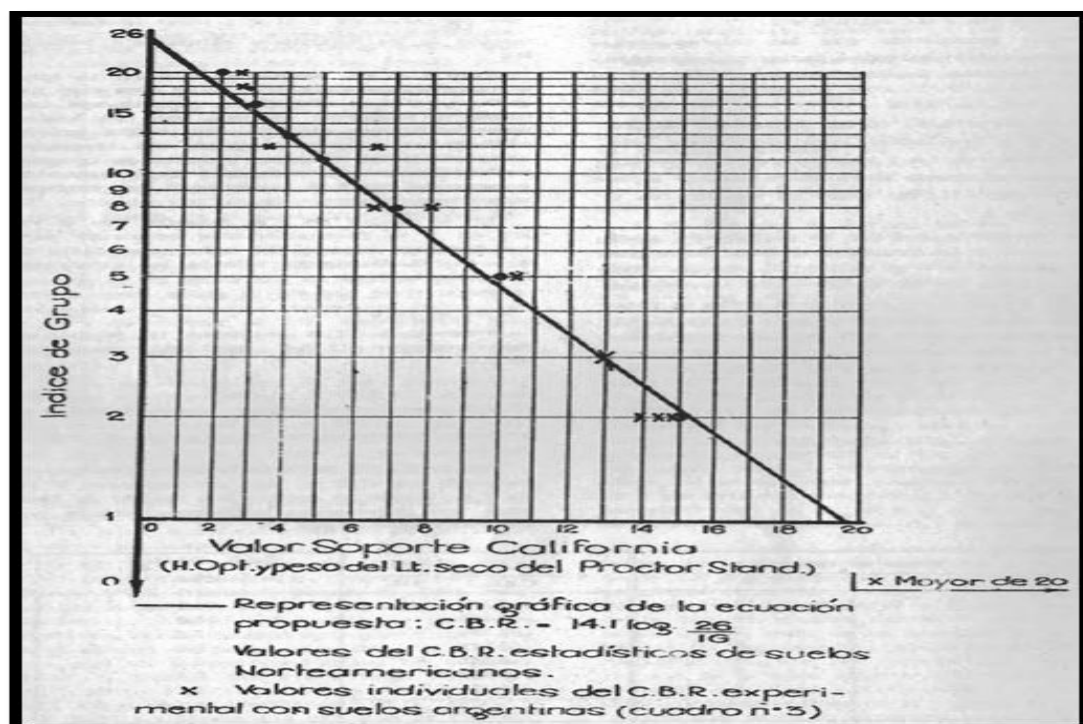


Fig. 21: Correlación entre IG y VSR (fuente: Clasificación de Materiales para Subrasantes del HRB, Año 1966).

En función de las muestras extraídas se procede a realizar las correlaciones. (Tabla 25).

CORRELACIONES					
Muestra Nº	Prof. (cm)		IP	IG	VSR
	desde	hasta	%		%
P1 M1	20	45	18,6	11	5
P2 M1	0	45	25,9	19	2

Tabla 25: relación entre el IG y VSR (fuente: elaboración propia).

Según las especificaciones técnicas del pliego de la DNV (B.III2.1), el suelo deberá cumplir con las siguientes características:

- ✚ VSR mayor o igual a 3.
- ✚ Hinchamiento menor o igual a 2,5% (con sobrecarga de 4,5 kg.)
- ✚ Índice de plasticidad menor a 25.

El suelo extraído del pozo n° 2 no cumple con las especificaciones técnicas, se procederá a mejorarlo agregándole un porcentaje de cal.

3.5) Suelo mejorado con cal

Al mejorar el suelo con cal se producen modificaciones en sus propiedades como ser:

- ✚ La plasticidad;
- ✚ La susceptibilidad al agua;
- ✚ Cambios volumétricos.

Y producen mejoramientos en:

- ✚ Capacidad portante;
- ✚ Trabajabilidad.

Según el pliego de especificaciones técnicas general, el contenido de cal útil vial (CUV) a incorporar al suelo será mayor del 3% referido al peso de suelo seco, dicho porcentaje dependerá de las modificaciones que se pretenda de las constantes físicas y/o parámetros resistentes del suelo.

Siguiendo las recomendaciones del ingeniero Rolando Biain se debe incorporar un 4% de CUV, para convertirse en un suelo apto para el uso vial.

3.6) Conclusiones del estudio de suelos

El conocimiento de la naturaleza del perfil edafológico de la zona de trabajo permite proponer soluciones y planes de acción.

El primer plan de acción sería realizar un estudio de mayor exactitud sobre la calle Brown donde se planea realizar un pavimento rígido, este consiste en realizar al menos una calicata de 1m² en el medio del tramo, un sondeo a una cierta profundidad para poder identificar si existe un suelo diferente al obtenido en la superficie, además determinar el nivel de la napa freática. También considerar el uso de cal para mejorar la característica de los suelos naturales.

El segundo plan de acción sería comprobar el estado del paquete estructural de la av. 9 de Julio y la calle H.Yrigoyen haciendo ensayos de densidad cada 500m y control de humedad.

Se proseguirá el cálculo del paquete estructural en los capítulos posteriores con los valores arrojados por el VSR. Pero se recomienda profundizar los estudios en la fase de proyecto.

Capítulo 4

Relevamiento topográfico y estudio hidráulico

Síntesis

Se realizará un relevamiento topográfico en la zona de estudio, para determinar el escurrimiento natural del agua. Luego se trabajará junto con las cotas de los umbrales y la máxima altura que ha llegado las lagunas para así poder determinar la cota de la calzada.

Es de suma importancia realizar estos estudios debido a la inseguridad que implica para el usuario la acumulación de agua, y el perjuicio que realiza al paquete estructural si esta ingresa en el mismo por un mal diseño del sistema de escurrimiento y captación del agua.

4.1) Generalidades

El área de estudio se encuentra ubicada en la ciudad de Resistencia capital de la provincia del Chaco, la cual presenta una llanura continua sin accidentes topográficos formando parte de la gran llanura Chaco Pampeana. Debido a la escasa pendiente los ríos son muy sinuosos y con el pasar del tiempo cambia su curso fluvial dejando meandros abandonados que conforman lagunas, las cuales son de utilidad para el desagüe urbano. (Fig. 22).



Fig. 22: Lagunas presentes en el área de estudio (fuente: Elaboración propia).

Con la ayuda de información compartida por diferentes organismos y junto con trabajos de campos se delimitaron las cuencas y subcuencas, así se obtendrá el caudal que produce el escurrimiento superficial directo durante una tormenta de diseño y se diseñará un sistema de desagüe acorde al proyecto planteado.

4.2) Recopilación de información

-  Base de datos de la APA (Administración Provincial del Agua);
-  Curvas de nivel CFI;
-  Delimitación de las cuencas y subcuencas (información brindada por el ingeniero Depetris y Ruberto);
-  Municipalidad de Resistencia;
-  Trabajo de campo.

4.3) Trabajo de campo

Se procede a realizar un relevamiento fotográfico para poder analizar distintas zonas. A demás se tomaron medidas del ancho de carril y veredas, para verificar que con las medidas mínimas según lo especificado en el Código de Planeamiento Urbano de la Ciudad de Resistencia.

4.3.1) Relevamiento fotográfico

Empezando el recorrido desde la intersección de la Av. Chaco y Alnte. Brown (fig. 23), se observan determinadas zonas muy bajas con carriles angostos, desagües en malas condiciones, calzada deteriorada y baches que impiden el escurrimiento superficial directo, quedando cúmulos de agua en varias partes del tramo. (Figuras 24, 25 y 26).

En la calle Almirante Brown al 2700 hasta la altura 3300 comienza una zona de camino que costea la Laguna Negra y Blanca siendo muy angosto y no cumpliendo con las medidas mínimas, además en la altura 3000 se encuentra una plazoleta impidiendo una traza continua, lo que implica un desvío muy peligroso, por lo cual en el diseño geométrico se estudiará la posibilidad de que la calzada pase recto tomando parte de la misma.



Fig. 23: Recorrido del área de estudio (fuente: Elaboración propia).



Fig. 24: Desagüe en malas condiciones (fuente: Elaboración propia).



Fig. 25: Zonas bajas y calzada en mal estado (fuente: Elaboración propia).



Fig. 26: Zona de camino angosto (fuente: Elaboración propia).

4.3.2) Relevamiento topográfico

Se estudió la nivelación del terreno con los datos topográficos brindado por la Municipalidad de Resistencia, en base a dicha información se procedió a realizar un perfil longitudinal del terreno (Planilla Anexa 2 y plano 2).

Trazando además varios perfiles transversales en puntos considerados importantes debido al cambio en la pendiente, en zona de curvas o variación del ancho de camino. (Planilla Anexa 3 y plano 3).

4.4) Estudio hidráulico

En base al estudio de la topografía y el recorrido natural del agua se dividió las distintas subcuencas. (Plano anexo 4). Junto con esto se procede a determinar la capacidad de los imbornales del lugar debido al aumento de caudal que se generara al pavimentar la calle Almte. Brown. Y se dimensionara el sistema de desagüe en las subcuencas que carecen del mismo.

Utilizando el método racional se procede al cálculo del caudal pico, para el cual será dimensionado el sistema de desagüe. Para la determinación de dicho caudal se utilizará las curvas IDF (intensidad, duración y frecuencia) de la ciudad de Resistencia.

4.4.1) Determinación del caudal pico

Se utilizó el método racional debido a su simplicidad y facilidad de implementación, su aplicación se limita a cuencas urbanas de superficie menor a 3km². El mismo permite el cálculo del caudal pico en áreas de diferentes características, en función de una intensidad media. A través de la siguiente fórmula:

$$Q_p = 0,275 * C * I * A$$

Dicho método se basa en las siguientes hipótesis:

- ✚ Intensidad de lluvia constante en el tiempo y uniforme en el espacio;
- ✚ Pérdidas constantes durante el evento;
- ✚ Modelo de transformación P – Q lineal estacionario (Hidrograma Unitario Instantáneo);

A continuación se determina las variables que son necesarias para el cálculo del caudal pico.

4.4.2) Determinación del coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía depende de las características y condiciones del suelo. En base a relevamiento de campo, imágenes satelitales, fotografías aéreas, ensayos de laboratorio; y junto con una valoración de los espacios verdes, permeables, espejos de aguas, contenido de humedad in-situ y tipo de suelo, se procede a adoptar dicho coeficiente. (Tabla 28).

Ocupación del Suelo	C
Edificación Muy Densa: Partes Centrales, densamente pobladas de ciudades con calles pavimentadas.	0.70 a 0.95
Edificación no Muy Densa: Partes adyacentes al centro, de menor densidad de habitantes, con calles pavimentadas.	0.60 a 0.70
Edificación con Pocas Superficies Libres: Partes residenciales con construcciones cerradas, calles pavimentadas.	0.50 a 0.60
Edificación con Muchas Superficies Libres: Partes residenciales con calles pavimentadas pero con muchas áreas verdes.	0.25 a 0.50
Suburbios con Alguna Edificación: Partes semi urbanas con pequeña densidad de construcciones.	0.10 a 0.25
Parques y Campos de Deportes: Partes rurales, áreas verdes, superficies arborizadas, parques ajardinados y campos de deporte sin pavimentos.	0.05 a 0.20

Tabla 28: Coeficiente de escorrentía (fuente: Cátedra de hidrología, práctico n° 9 diseño de desagües pluviales urbanos).

El coeficiente de escorrentía más representativo de las distintas subcuencas toma un valor de 0,70.

4.4.3) Determinación de la intensidad media

La intensidad media se determina en función de la siguiente ecuación:

$$I_p = [A/(B+Td)^C]$$

Está relaciona tres parámetros adimensionales que son los coeficientes de las curvas IDF(A, B y C), que se obtienen en función del tiempo de recurrencia para una tormenta de diseño. (Tabla 29). El tiempo dependerá de los criterios de diseño generalizados para estructuras de control de agua, cuestiones económicas y limitaciones de espacios físicos propios de la urbanización e infraestructura existente, adoptamos un tiempo de recurrencia de 5 años.

Tiempo de retorno (años)	Parámetros adimensionales		
	A	B	C
2	746,019	8,12	0,6375
5	1205,735	11,824	0,6846
10	1639,94	14,681	0,7193
25	2366,837	18,427	0,7629
50	2563,109	19,875	0,756

Tabla 29: Coeficientes de las curvas IDF de la ciudad de Resistencia (fuente: Dpto. de Hidráulica de la Facultad de ingeniería).

El tiempo de duración T_d es igual al tiempo de concentración, lo que indica mayor tiempo para los diferentes recorridos posibles del agua dentro de la cuenca. Se la determina en función de una fórmula empírica, aplicando la ecuación de Kirpich que la obtenemos de la tabla 15.1.2 de la página 513 del libro "Hidrología Aplicada" de Ven Te Chow – Maidment – Mays. Con algunas modificaciones debido al ingreso de las variables en diferentes dimensiones.

$$T_c = 3.989 \cdot (L^{0.77}) \cdot (S^{-0.385})$$

Para flujo en superficie de concreto o asfalto se debe multiplicar $T_c \cdot 0.4$, a su vez se calcula la intensidad media. (Tabla 29).

Subcuenca n°	Superficie (km) ²	Superficie (ha)	Long. Esc. (m)	Long. Esc. (km)	Cota inicial (m)	Cota final (m)	Desnivel (m)	Pendiente (m/m)	Tc (Kirpich) (min)	Intensidad media (mm/h)
1	0,072	7,2	450	0,45	48,93	47,72	1,21	0,003	8,42	154
2	0,111	11,1	550	0,55	48,97	47,7	1,27	0,002	10,43	144
3	0,05	5	420	0,42	48,52	47,19	1,33	0,003	7,50	159
4	0,07	7	240	0,24	48,64	48,09	0,55	0,002	5,52	171

Tabla 29: Tiempo de concentración e intensidad media (fuente: Elaboración propia).

A continuación se procede al cálculo de los distintos caudales picos correspondientes a cada una de las subcuencas. (Tabla 30).

Subcuenca n°	Superficie (km) ²	Coef. De escorrentía	intensidad media	Caudal pico (m ³ /s)
1	0,072	0,7	154	2,13
2	0,111	0,7	144	3,08
3	0,05	0,7	159	1,53
4	0,07	0,7	171	2,3

Tabla 30: Caudal pico (fuente: Elaboración propia)

4.4.4) Obtención del caudal por frente de manzana

Obtenido el caudal pico para las distintas subcuencas, de modo simplificado se pondera uniformemente el mismo por unidad de superficie. Como además se conoce el catastro de las manzanas y que las mismas en Resistencia poseen en promedio 100m por 100 m entre líneas municipales y los anchos de calles comunes son de 20m, lo que implicaría una superficie por cada manzana de 120 m*120m; es decir, 1,44ha. (Fig. 27). Conociendo el área promedio de una manzana se obtendrá caudal por superficie.

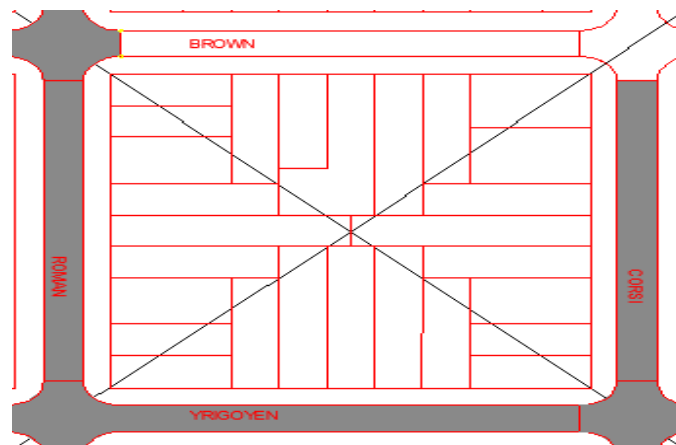


Fig. 27: Catastro de la ciudad de resistencia (fuente: Elaboración propia).

Observando el loteo y distribución parcelaria interna se considera que cada manzana tiene 4 salidas, una por cada frente. (Fig. 28). Teniendo el caudal por superficie, se determina caudal de aporte por los distintos frentes Q_f , que se irán acumulando hasta que se supera la capacidad de transporte de las calles impidiendo que el flujo de agua sobrepase el cordón.

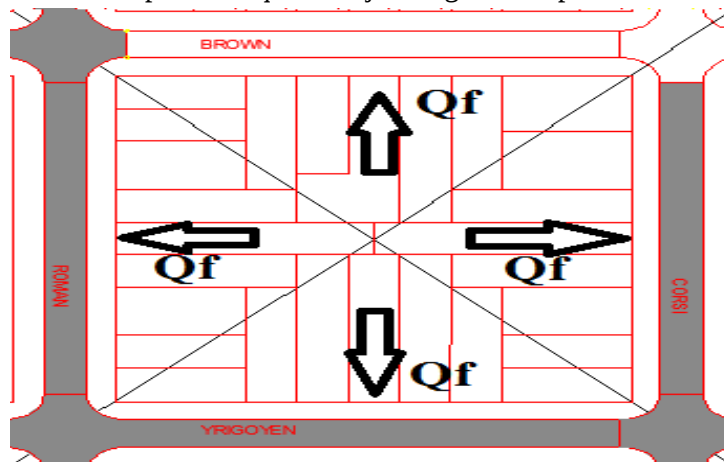


Fig. 28: Caudal por frente de manzana (fuente: Elaboración propia)

La capacidad de transporte depende de las características de las calles como ser la pendiente transversal, pendiente longitudinal de la cuneta, rugosidad, y el tirante de agua medido desde el fondo del cordón cuneta, el cual se adoptará igual a 15 cm.

A continuación se calcula el caudal correspondiente a cada frente dejando plasmado los valores en la siguiente tabla. (Tabla 31).

Subcuenca n°	Caudal pico (m ³ /s)	Área (ha)	Caudal por hectares (m ³ /seg/ha)	Caudal por frente (m ³ /s)
1	2,13	7,2	0,30	0,11
2	3,08	11,1	0,28	0,10
3	1,53	5	0,31	0,11
4	2,3	7	0,33	0,12

Tabla 31: Caudal por frente de manzana (fuente: Elaboración propia).

4.5.1) Cordón cuneta y cunetas de calles de tierra

Este elemento del sistema de desagüe es el que recibe los excesos provenientes de las manzanas, este actúa como un canal, existen básicamente de dos tipos dependiendo de si la calle es de tierra o de pavimento, pero su funcionamiento es similar “como canal” es por ello que para su evaluación se utiliza la ecuación de Manning, colocando la como única condición el tirante máximo permitido en las calles, compatible con la protección que se pretende dar y la importancia de la vía de comunicación.

A través de la fórmula de Manning y sus supuestos intrínsecos, como el de flujo uniforme en la sección y aceptando que el ancho superior del canal es igual al perímetro mojado, condición próxima a la de los canales anchos de poca profundidad, de esta forma el caudal a transportar se vincula con las dimensiones físicas y las condiciones de la siguiente manera. (Fuente: Cátedra de Hidrología, Práctico n°9 diseño de desagües pluviales urbanos).

$$Q = 0,377 * (z/n) * d^{8/3} * S^{1/2}$$

La determinación de la capacidad máxima del cordón cuneta se la tomará considerando como constante la pendiente transversal de la calzada igual a 2% y una profundidad del flujo de agua en el cordón igual a 0,15m. (Fig. 30).

Como la cuenca en estudio no tiene en su totalidad todas las calles pavimentadas se diseñarán en las calles de tierras zanjas a cielo abierto capaz de escurrir el flujo hacia las lagunas e impedir el acumulamiento de aguas en esas calles. (Fig. 31).

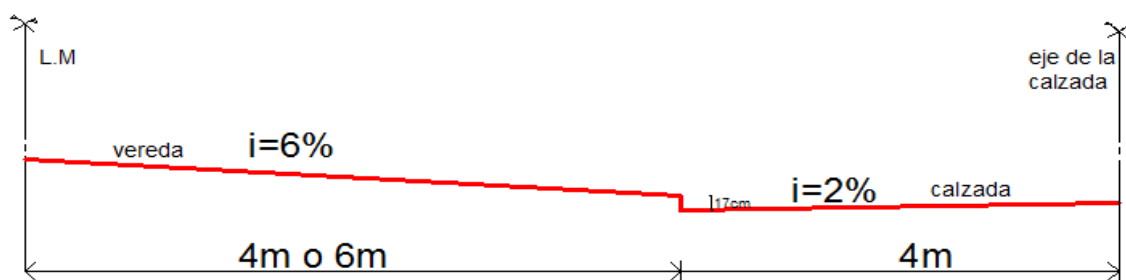


Fig. 30: Cordón cuneta, calles pavimentadas (fuente: Elaboración propia).

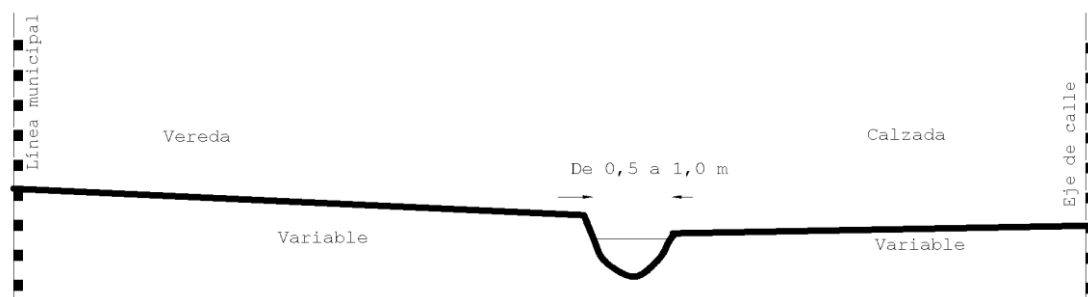


Fig. 31: Cordón cuneta, calles de tierras (fuente: cátedra de Hidrología, práctico n°9 Diseño de Desagües Pluviales Urbanos).

En la siguiente tabla se dejará plasmada la capacidad de cada una de las calles correspondientes a las distintas subcuencas, e identificándola si se encuentra pavimentada o es de tierra. De modo tal que al diseñar el sistema de desagüe el pelo de agua no sobrepase el cordón. (Tabla 32).



Subcuenca n°	Calle	frente	Caracterist ica	Coef. de Manning	Cota Mayor	Cota Menor	S (m/m)	S ^{1/2}	Q (m3/s)	n°maximo de frente	N° de frente
1	Av. 9 de Julio	1	Pavimento	0,015	48,93	48,85	0,00066667	0,02581989	0,21	1,9	1
		2	Pavimento	0,015	48,85	48,03	0,00683333	0,08266398	0,66	6,0	2
		3	Pavimento	0,015	48,94	48,03	0,00758333	0,08708234	0,70	6,3	1
		4	Pavimento	0,015	48,94	48,9	0,00033333	0,01825742	0,15	1,3	1
	Pje. Corsi	5	Pavimento	0,015	48,93	48,4	0,00441667	0,06645801	0,53	4,8	1
	C. Ramirez	6	Tierra	0,015	48,85	48,25	0,005	0,07071068	0,56	5,1	1
		7	Pavimento	0,015	48,25	48,22	0,00025	0,01581139	0,13	1,1	1
		8	Pavimento	0,015	48,52	48,22	0,0025	0,05	0,40	3,6	1
	Cocomarola N.	9	Tierra	0,1	48,38	48,03	0,00291667	0,05400617	1,60	14,6	1
		10	Pavimento	0,015	48,38	48,3	0,00066667	0,02581989	0,21	1,9	2
	Pje. Cocomarola N.	11	Tierra	0,015	48,94	48,4	0,0045	0,06708204	0,54	4,9	1
		12	Pavimento	0,015	48,4	47,72	0,00566667	0,07527727	0,60	5,5	2
	Garcia Pulido	13	Pavimento	0,015	48,9	48,85	0,00041667	0,02041241	0,16	1,5	1
		14	Pavimento	0,015	48,85	48,2	0,00541667	0,07359801	0,59	5,3	3
	H. Irigoyen	15	Pavimento	0,015	48,44	48,4	0,00033333	0,01825742	0,15	1,3	1
		16	Pavimento	0,015	48,4	48,25	0,00125	0,03535534	0,28	2,6	2
		17	Pavimento	0,015	48,38	48,25	0,00108333	0,03291403	0,26	2,4	1
		18	Tierra	0,1	48,4	48,38	0,00016667	0,01290994	0,38	3,5	1
		19	Tierra	0,1	48,85	48,4	0,00375	0,06123724	1,82	16,5	3
	Almt. Brown	20	Pavimento	0,015	48,62	48,52	0,00083333	0,02886751	0,23	2,1	1
		21	Pavimento	0,015	48,52	48,36	0,00133333	0,03651484	0,29	2,6	2
		22	Pavimento	0,015	48,36	47,72	0,00533333	0,07302967	0,58	5,3	3
		23	Pavimento	0,015	48,2	47,72	0,004	0,06324555	0,50	4,6	4
2	Av.9 de Julio	1	Pavimento	0,015	48,9	48,83	0,00058333	0,02415229	0,19	1,8	1
		2	Pavimento	0,015	48,83	48,66	0,00141667	0,03763863	0,30	2,7	1
		3	Pavimento	0,015	48,86	48,66	0,00166667	0,04082483	0,33	3,0	1
	Florida	4	Pavimento	0,015	48,66	48,23	0,00358333	0,05986095	0,48	4,3	3
		5	Pavimento	0,015	48,23	47,9	0,00275	0,05244044	0,42	3,8	1
	Foster	6	Pavimento	0,015	48,86	48,75	0,00091667	0,0302765	0,24	2,2	1
	Av. Agrimensur	7	Pavimento	0,015	48,97	48,69	0,00233333	0,04830459	0,39	3,5	1
		8	Pavimento	0,015	48,69	48,4	0,00241667	0,0491596	0,39	3,6	2
	Zorzal	9	Pavimento	0,015	48,23	48,12	0,00091667	0,0302765	0,24	2,2	1
		10	Pavimento	0,015	48,75	48,23	0,00433333	0,06582806	0,53	4,8	4
		11	Pavimento	0,015	48,97	48,75	0,00183333	0,04281744	0,34	3,1	1
	Rossi	12	Tierra	0,1	48,69	48,12	0,00475	0,06892024	2,05	18,6	1
		13	Tierra	0,1	48,2	48,12	0,00066667	0,02581989	0,77	7,0	1
		14									
	Brown	15	Pavimento	0,015	48,2	47,7	0,00416667	0,06454972	0,52	4,7	1
16		Pavimento	0,015	47,9	47,7	0,00166667	0,04082483	0,33	3,0	2	
17		Pavimento	0,015	48,1	47,9	0,00166667	0,04082483	0,33	3,0	2	
18		Pavimento	0,015	48,4	48,1	0,0025	0,05	0,40	3,6	3	

Tabla 32: Capacidad máxima de las calles (fuente: Elaboración propia).

4.6) Distribución y verificación de imbornales

Analizando el recorrido natural del agua se ha ubicado imbornales de reja vertical en los puntos donde el caudal transportado por las calles supera la capacidad máxima de la misma, con el propósito de impedir que el agua sobrepase el nivel del cordón. (Plano anexo 5).

Para su análisis se consideró el mayor valor de caudal que concurre a los sumideros, en condición no ahogada.

$$L = Q / (1,7 * y^{2/3})$$

Dónde:

-  **Q** = Caudal máximo en m³/s
-  **L** = Longitud de la reja vertical en m
-  **Y** = Altura de la lámina de agua en metros (0,12m)

La tabla 32 refleja los datos obtenidos junto con las longitudes de cada imbornal, los frentes que desaguan y una adopción propuesta.

subcuenca	Ubicación del Imbornal	Imbornal n°	N° de frente	Caudal (m ³ /s)	L (m)	L adoptado (m)
1	Av. 9 de Julio y Cocomarola N.	1	2	0,22	0,532	0,8
		2	3	0,33	0,798	0,8
	H. Irigoyen y Cocomarola N.	3	1	0,11	0,266	0,5
					0,000	
	H. Irigoyen y Pje. Cocomarola N.	4	4	0,44	1,064	1,1
					0,000	0,0
	Alte. Brown y Pje. Cocomarola N.	5	4	0,44	1,064	1,1
		6	4	0,44	1,064	1,1
	Alte. Brown y Cocomarola N.	7	5	0,55	1,330	1,5
	H. Irigoyen y Ramirez	8	6	0,66	1,596	1,6
2	Florida y Zorzal	1	4	0,4	0,967	1,0
	Zorzal	2	5	0,5	1,209	1,3
	Rossi	3	1	0,1	0,242	0,5
					0,000	
	Alte. Brown	4	3	0,3	0,725	0,8
					0,000	
	Alte. Brown	5	6	0,6	1,451	1,5
	Alte. Brown	6	8	0,8	1,934	2,0

Tabla 33: Dimensiones de los imbornales (fuente: Elaboración propia).

4.7) Conducto de vinculación y principal del sistema de captación fluvial

Se procede a calcular los diámetros necesarios del conducto de salida de cada imbornal, al finalizar se realiza una adopción acorde al mercado. (Tabla 34).

Subcuenca	Tramo	Caudal (m3/s)	s (m/m)	s^0,5 (m/m)	coeficiente de manning.	Diametro del cond. De vinculación (m)	Diametro comercial (m)	Diametro del conducto ppal. (m)	Diametro comercial (m)		
1	imbornal 1-2 y cond. Ppal	0,55	0,002	0,04472136	0,015	0,5	0,6	0,9	1		
	imbornal 3 y 4	0,11	0,002	0,04472136	0,015	0,3	0,6				
	Imbornal 4 y cond. Ppal	0,44	0,002	0,04472136	0,015	0,4	0,6				
	Imbornal 7 y cond. Ppal	0,55	0,002	0,04472136	0,015	0,5	0,6				
Imbornal 8 y cond. Ppal	0,66	0,002	0,04472136	0,015	0,5	0,6					
2	Imbornal 1-2 y el cond. Ppal	1	0,0033	0,05744563	0,0015	0,5	0,6	1,26	1,2		
	Imbornal 3 y 2	0,1	0,002	0,04472136	0,0015	0,2	0,6				
	Imbornal 4 y cond. ppal	0,3	0,002	0,04472136	0,0015	0,4	0,6				
	Imbornal 5 y cond. Ppal	0,6	0,002	0,04472136	0,0015	0,5	0,6				
	Imbornal 6 y cond. Ppal	0,8	0,002	0,04472136	0,0015	0,5	0,6				

Tabla 34: Diámetro de los conductos (fuente: Elaboración propia).

A través de informes brindados por el departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería, se ha determinado que para un evento de 10 años el máximo nivel de la Laguna Negra llegara a 47m a nivel del mar. Dicho valor nos permite determinar que el conducto descargara en la misma a una cota de 47.10m, de manera tal de impedir que el agua ingrese al conducto impidiendo el libre desagüe.

4.8) Verificación de los imbornales existente

Se procede a verificar la capacidad de los imbornales debido al aumento de caudal que se generaría al construir la nueva pavimentación sobre la calle Almirante Brown. (Tabla 35).

subcuenca	Ubicación del Imbornal	Imbornal n°	caudal por frente (m ³ /s)	N° de frente	Caudal (m ³ /s)	L (m)	L adoptado	L Real (m)
3	Olaf with y Alte. Brown	1	0,11	11	1,21	2,926	3,0	3,3
4	H. Irigoyen y E. Roman	2	0,12	4	0,48	1,161	1,2	1,4

Tabla 35: sección mínima necesaria de los imbornales (fuente: Elaboración propia).

Mediante la medición real del imbornal funcionando actualmente se observa que el aumento de caudal no genera mayores inconvenientes, demostrado que la sección necesaria resulta menor a la real.

4.9) Conclusión

Según los estudios realizados en el capítulo, existe una tendencia del sistema de escurrimiento y del nivel de calzada con descenso hacia las lagunas. Pero al ser tan elevado el caudal, no se puede dejar que el escurrimiento sea de forma natural (al menos no de toda la subcuenca).

Un correcto mantenimiento del sistema propuesto, no solo evitará problemas generados por la nueva pavimentación y la disminución en el tiempo de retardo. Sino que servirán como solución a los actuales problemas de la zona.

Capítulo 5

Semaforización y distribución del tránsito

Síntesis

Para proponer un nuevo sistema de semaforización y señalización, primeramente debe evaluarse el estado del actual sistema, detectar sus fallas o verificar si en realidad era conveniente su utilización en la intersección. Una vez realizado esto se procede a estudiar alternativas de operaciones de semáforos, posibles ubicaciones de semáforos y cartelería, y una nueva distribución del tiempo de verde.

5.1) Generalidades

Ejecutada la apertura de la calle Almt. Brown y la unión de las calles H. Yrigoyen y Zorzal será necesario reorganizar el tránsito y educar al usuario habitual para el mayor aprovechamiento de la obra. También es necesario colocar en posición y sincronización correcta los semáforos, determinando los tiempos para generar la mínima demora. Como último, pero no menos importante se deberá colocar la cartelera sobre av. 9 de Julio para los usuarios que deseen cruzar de lado norte a sur de la ciudad o viceversa.

5.2) Distribución de los semáforos y tiempos de verde de la situación sin proyecto

Actualmente sobre la av. 9 de Julio, en el tramo de estudio, se encuentran 4 semáforos de 4 tiempos. Se procede a determinar su ubicación y tiempo de operación con las **figuras 32 y 33**, para posteriormente realizar una comparación con la propuesta del proyecto.

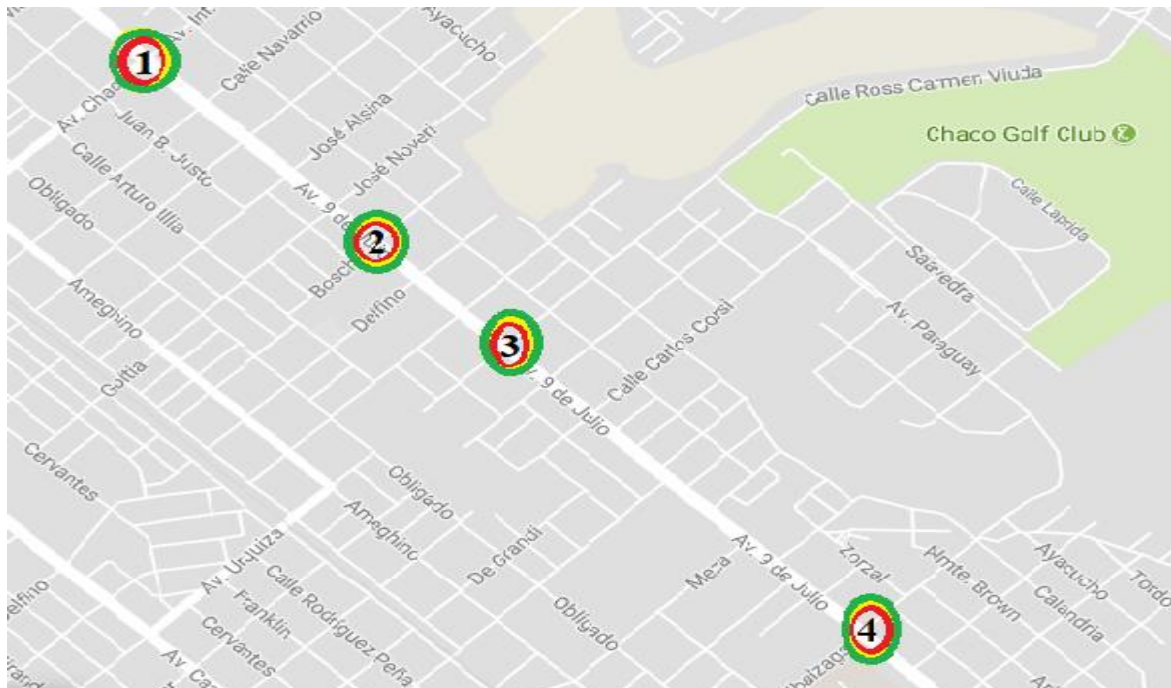


Fig. 32: Ubicación de semáforos de 4 tiempos sobre av. 9 de Julio (fuente: elaboración propia y google Maps).

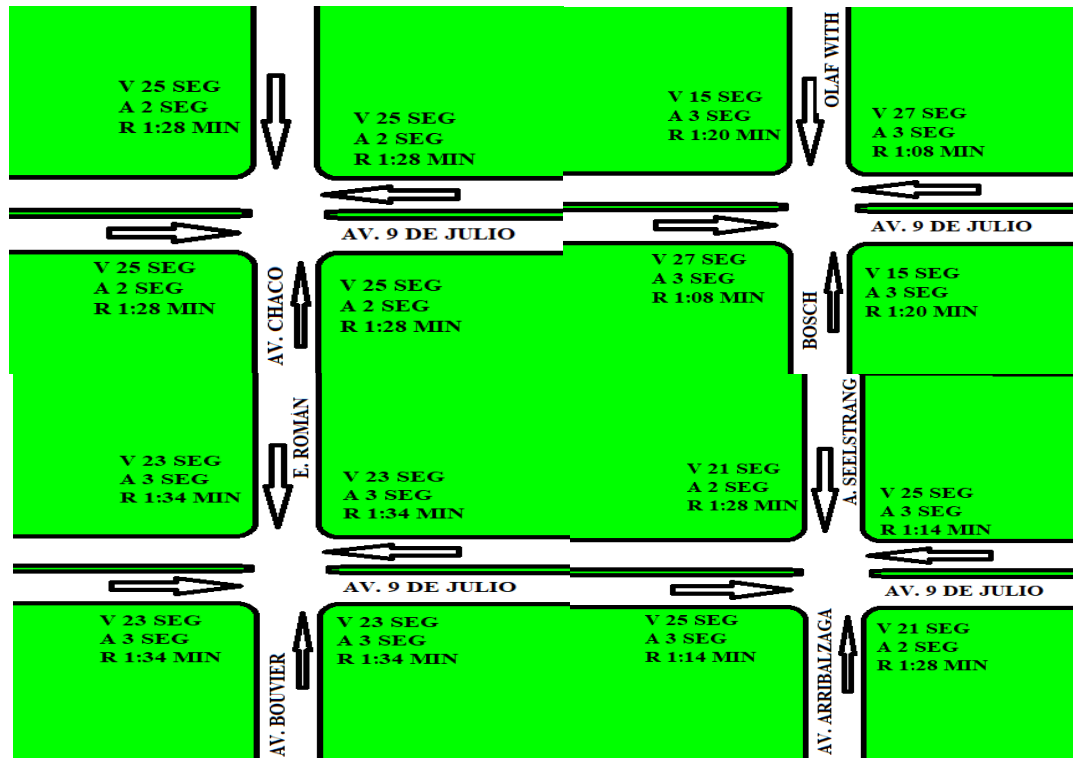


Fig. 33: Distribución del tiempo de verde sobre semáforos ubicados av. 9 de Julio (fuente: elaboración propia y google Maps).

Durante el estudio de tránsito se realizó un relevamiento fotográfico en estos puntos, que no sirve para cuantificar el problema, pero sirve para poner en evidencia que existe el mismo. Fig.34.



Fig.34: Relevamiento fotográfico realizado durante las mediciones de tránsito en hora pico (fuente: elaboración propia).

5.3) Operaciones posibles de los semáforos

Los semáforos pueden operar de tres maneras diferentes:

- 
Operación predefinida: La longitud del ciclo, tiempo de verde, fases e intervalos de cambio son prefijados. Estos se obtienen en la provincia realizando mediciones de las peores situaciones y dando un tiempo acorde para el despeje de cada calle de la intersección. Se puede programar para que tenga hasta 3 tiempos fijos que cambien según la hora del día.

Este es un sistema que no se retroalimenta, lo que genera demoras cuando el flujo en alguna de las calles de la intersección no ocupa por completo su tiempo de verde. Mientras, en la otra calle se acumulan vehículos cuyos conductores ven que se encuentran detenidos sin necesidad, generando una situación de estrés al conductor.

- 
Operación semi actuada: La calle identificada como principal tiene indicación de verde permanente hasta que los detectores en la calle secundaria noten la presencia de vehículos en espera, al suceder esto, la señal provee fase verde para la calle lateral hasta lograr su despeje. El tiempo de despeje de la calle lateral oscila entre un mínimo y un máximo, cuando la demanda de la calle lateral es alta la operación se comporta como una predefinida. Fig. 35.

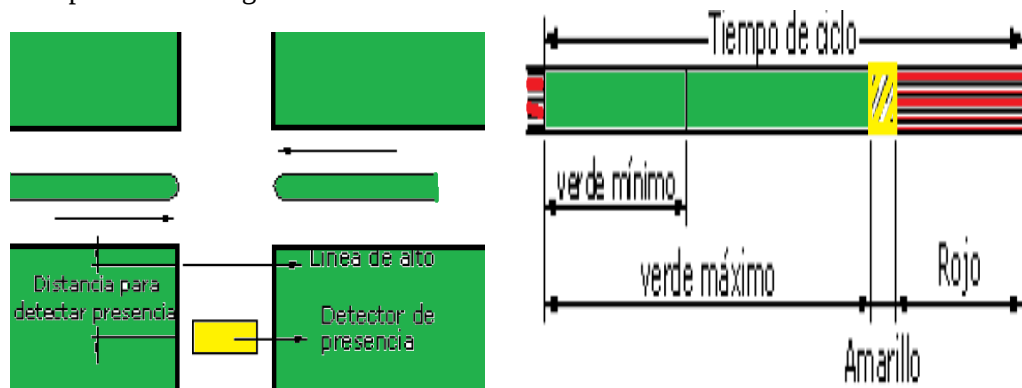


Fig. 35: Detectores y funcionamiento de semáforos con operación semi-actuada (fuente: apuntes de la cátedra Transportes de la Facultad de ingeniería – UNNE)

- 
Operación actuada: Todas las fases de la señal son controladas por detectores. Esta operación es de mayor complejidad y se utiliza cuando ambas calles de la intersección poseen un flujo similar. La red en la que se trabaja no es de tanta importancia como para programar una operación de este tipo.

Se propone dos posibles soluciones para las intersecciones:

SISTEMA 1: Semáforos de operación semi actuada en cada intersección permitida, este traería beneficios en horas de escaso tránsito pero sería ineficaz en los horarios de mayor flujo vehicular y podrían surgir problemas a la hora de detectar motocicletas.

Dentro de este sistema se buscó alternativas para impedir las colas en las calles laterales, una de las propuestas fue permitir el giro a la derecha (sistema que se encuentra actualmente en uso en los Estados Unidos). Esta alternativa fue descartada debido a la falta de educación vial en los usuarios de la provincia y la confusión que puede producirles.

SISTEMA 2: Calcular 3 operaciones predefinidas, una para el horario de ingreso a los colegios y actividades comerciales, otra para el horario de retorno de las mismas y como último disminuir considerablemente el tiempo de verde de las calles secundarias de 00hs a 5hs.

Se adoptará como solución el sistema 1. Se realizará de esta forma para aprovechar durante todo el día los momentos en los cuales las calles laterales no se encuentren con vehículos en espera,

5.4) Determinación de la jerarquía de control de las intersecciones

Las intersecciones tienen diferentes niveles de jerarquía de control y cada cual posee garantías propias:

- ✚ Nivel 1: reglas básicas de paso:
 - Capacidad del conductor para visualizar conflictos potenciales y efectuar maniobras evasivas;
 - El volumen de tránsito debe ser tal que permita realizar una maniobra segura.

- ✚ Nivel 2: asignación directa del derecho de paso colocando señales de **PARE**:
 - Garantía A: Intersección entre una calle secundaria y una principal donde los derechos de paso normales no se espera que operen con seguridad:
 - Garantía B: Calles que entren a autopistas u otras calles de tránsito continuo;
 - Garantía C: Intersecciones sin semáforos en áreas con semáforos;
 - Garantía D: Altas velocidades, visión restringida o exceso de accidentes.

- ✚ Nivel 3: semaforización:
 - Garantía 1: volumen vehicular de 8 horas;
 - Garantía 2: volumen vehicular de 4 horas;
 - Garantía 3: hora pico;
 - Garantía 4: volumen de peatones;
 - Garantía 5: cruce de escuela;
 - Garantía 6: sistema de semáforos coordinados;
 - Garantía 7: existencia de colisiones;
 - Garantía 8: red de caminos.

Se procede a realizar las consideraciones y adopciones pertinentes a cada intersección con la ayuda de la publicación “Traffic engineering realizada por Roger.P Roess”.

5.4. 1) Determinación de la jerarquía de control de las intersecciones sobre calles alternativas

Para las calles H.Yrigoyen, Zorzal y Almte. Brown se analiza establecer una jerarquía de control Nivel 1, esto quiere decir que el vehículo que en una intersección se encuentra a la derecha tiene derecho de paso y el conductor que circula sobre el lado izquierdo tiene la responsabilidad de frenar para evitar colisiones. También implica que el vehículo que cruza la intersección tiene derecho de paso sobre aquel que retoma la vía.

Para poder operar de manera segura en cada esquina los conductores deben poder visualizarse mutuamente a una distancia tal que permita el frenado total del vehículo. (Fig. 36)

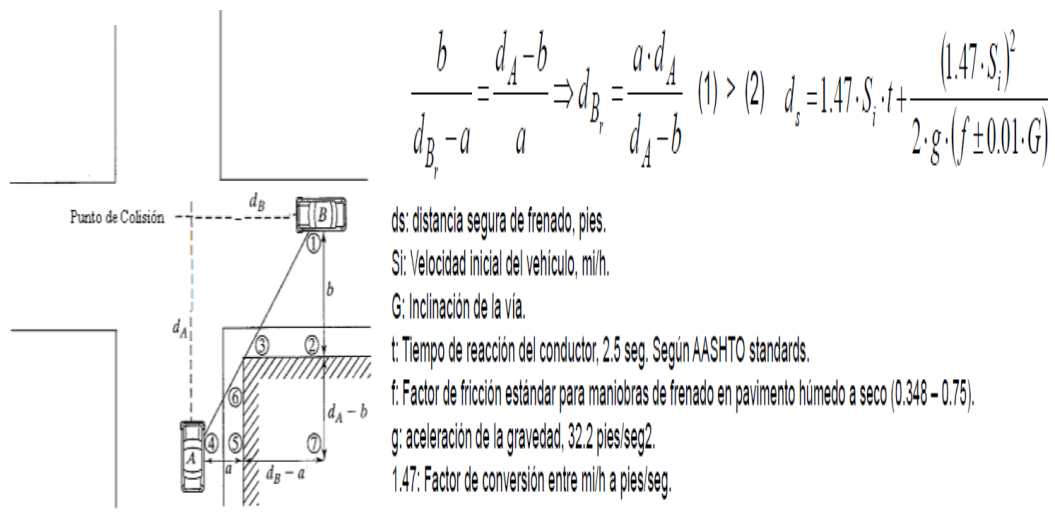


Fig. 36: Triángulo de visión de la intersección (fuente: Control de intersecciones 2012- Ing. Gustavo Di-rado).

Siguiendo con la ecuación de la figura 36 se obtuvo que a una velocidad de **20 km/h** (velocidad recomendada para cruzar una esquina), con un conductor promedio y una calzada en estado medio se necesitan **16,79 m** para frenar de manera segura.

Se supone que la distancia a la cual se encuentra el vehículo de la vía secundaria(A) es la distancia necesaria para frenar de manera segura, resolviendo la otra parte de la ecuación con las características de la intersección se obtuvo que la distancia real en la que el vehículo que circula por la vía principal (B) es de **14 m**.

La distancia de frenado segura es mayor a la distancia que la geometría de la intersección permite visualizar al vehículo que circula por la otra vía, por este motivo se debe avanzar a la siguiente jerarquía de control.

Se prosigue con el análisis del Nivel 2 de la jerarquía de control, se propone colocar carteles de **PARE** en todas las intersecciones, esta cartelería será para todos aquellos que quieran ingresar o atravesar las calles H.Yrigoyen, Zorzal y Almte. Brown. (Fig. 37).



Fig. 37: Cartel de PARE (fuente: <http://www.montevideo.gub.uy>).

Lo que se espera con esta cartelería es cumplir con la **garantía A y D** de ese nivel de jerarquía que dice: colocar dicha cartelería en una intersección entre una calle secundaria y una principal donde los derechos de pasos normales no se espera que operen con seguridad y donde haya altas velocidades, visión restringida o exceso de accidentes.

5.4.2) Determinación de la jerarquía de control de las intersecciones sobre av. 9 de Julio

5.4.2.1) Verificación de los semáforos en actual funcionamiento

El tramo de estudio sobre av. 9 de Julio posee 4 semáforos principales de 4 tiempos (fig. 38), que se encargan de distribuir los vehículos que cruzan o ingresan a la avenida. Con los datos obtenidos durante los censos en la hora pico, se procede a verificar si su colocación es correcta mediante la **garantía 3** del Nivel 3 de jerarquía de control.

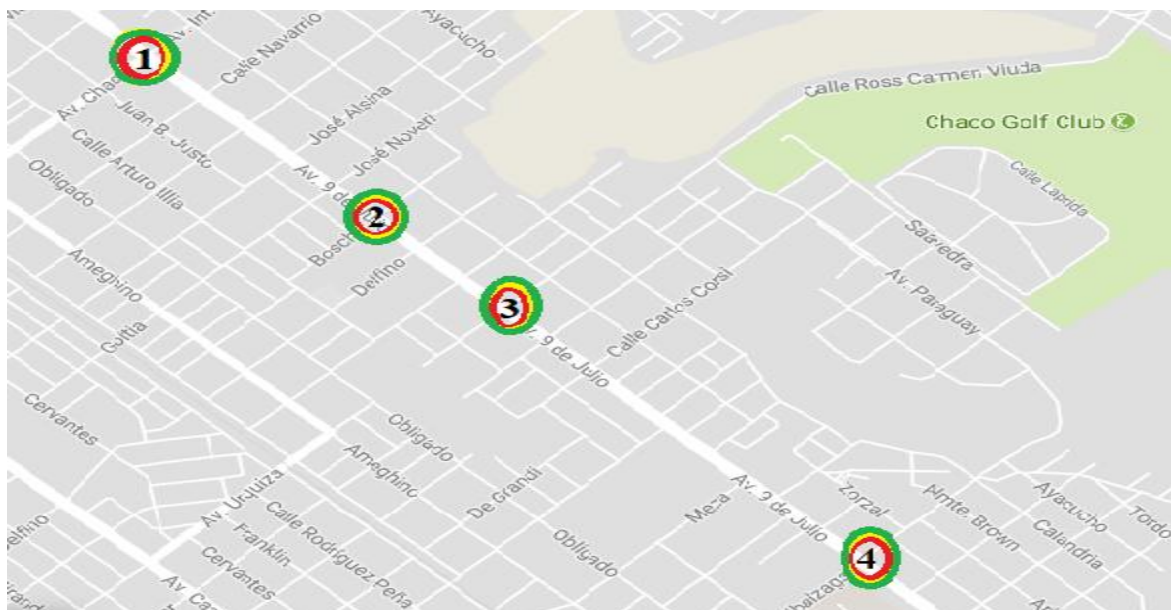


Fig. 38: Ubicación de semáforos de 4 tiempos sobre av. 9 de Julio (fuente: elaboración propia y google Maps).

Para realizar la verificación de la garantía 3 se utilizará el ábaco de proporcionado por la cátedra Transportes. (Fig. 39).

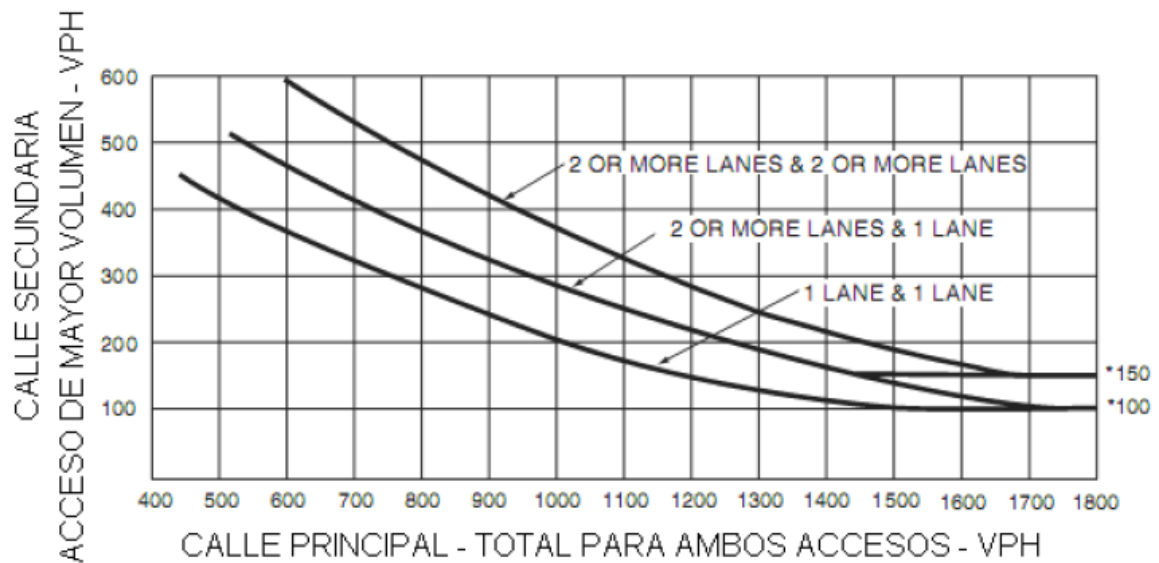


Fig. 39: Ábaco de control garantía 3 (hora pico) (fuente: Traffic engineering-Roger.P Roes).

- 
Intersección semaforizada 1: La intersección entre av. Chaco y av. 9 de Julio se encuentra fuera de servicio debido a refacciones, se considera que el flujo de vehículos será igual o mayor al de la intersección 2 según la opinión de los usuarios habituales.
- 
Intersección semaforizada 2: La intersección entre av. 9 de Julio y calle Bosch cumple con los requisitos que indica la metodología. (Fig. 40).

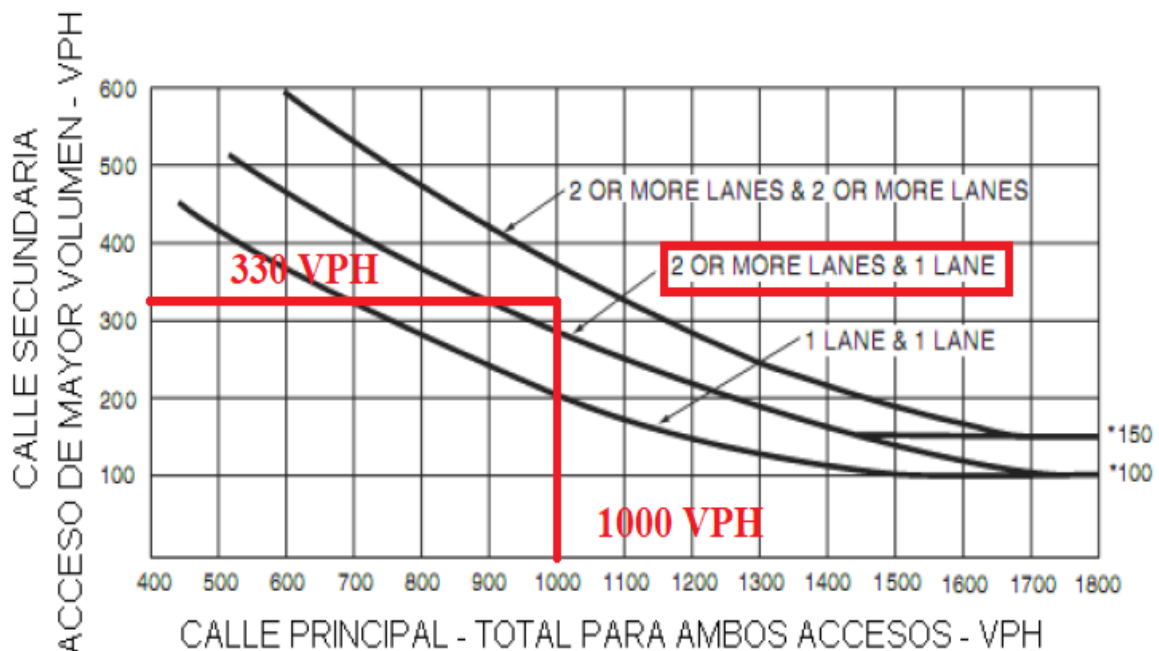


Fig. 40: Ábaco de garantía 3 intersección entre av. 9 de Julio y calle Bosch (fuente: Traffic engineering-Roger.P Roes y elaboración propia).

- ✚ **Intersección semaforizada 3:** La intersección entre av. 9 de Julio y av. Urquiza no cumple con los requisitos que indica la metodología. (Fig. 41). Esta intersección en la actualidad no cumple con la garantía, pero se considera que con el crecimiento que se prevé la cumplirá en 2 o 3 años. Este es de un 3% anual y el faltante es de 5 a 7 %.

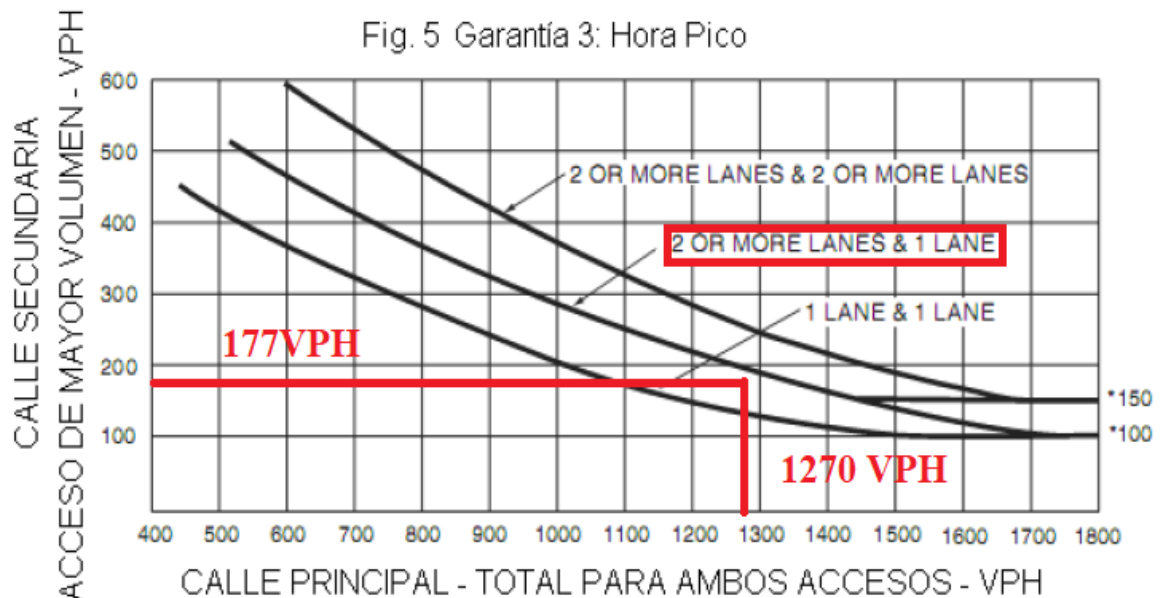


Fig. 41: Ábaco de garantía 3 intersección entre av. 9 de Julio y calle Bosch (fuente: Traffic engineering-Roger.P Roes y elaboración propia).

- ✚ **Intersección semaforizada 4:** La intersección entre av. 9 de Julio y av. Arribalzaga no cumple con los requisitos que indica la metodología. (Fig. 42). Esta intersección en la actualidad no cumple con la garantía, pero se considera que con el crecimiento que se prevé la cumplirá en 1 años, este es de un 3% anual y el faltante es de 4%.

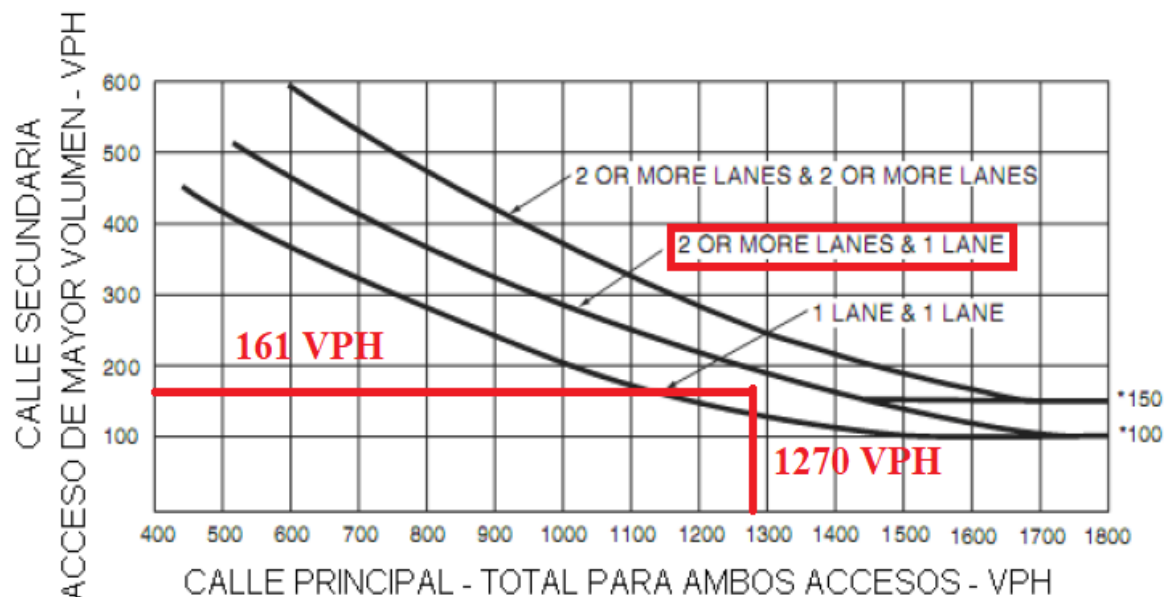


Fig. 42: Ábaco de garantía 3 intersección entre av. 9 de Julio y calle Bosch (fuente: Traffic engineering-Roger.P Roes y elaboración propia).

Según la **garantía 7** se debe colocar semáforos en aquellas intersecciones donde se hayan producido 5 o más colisiones en un período de 12 meses. La figura 43 muestra un relevamiento de los accidentes ocurridos durante 9 meses corridos en 2016. Esta imagen permite, según la definición de la garantía, colocar semáforos en cada intersección del tramo de estudio sobre av. 9 de Julio.

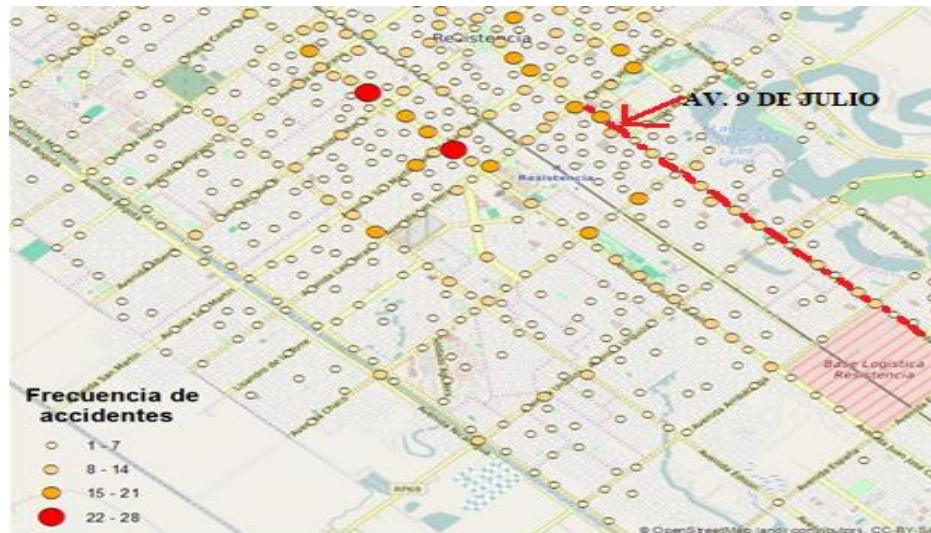


Fig. 43: Distribución y frecuencia de los accidentes en la ciudad de Resistencia (fuente: Unidad central de emergencias médicas Resistencia- Chaco).

5.4.2.2) Distribución y verificación de semáforos para generar un recorrido ininterrumpido

La garantía 6 del Nivel 3 en la jerarquía de control establece una distancia aproximada entre semáforos en un sistema coordinado para evitar la disipación del pelotón, esta garantía es aplicada cuando la separación es mayor a 300 m. Siguiendo esta consigna se implementan los semáforos **2, 6 y 9**. (Fig. 44).



Fig. 44: Nueva distribución de los semáforos según garantía 6 (fuente: elaboración propia).

5.5) Diseño de fases

El objetivo de este diseño será separar los movimientos conflictivos en las intersecciones para que los movimientos en la fase no produzcan inconvenientes. La coordinación de semáforos con distintos diseños de fase es imposible, por lo tanto se implementará un único diseño para todas las intersecciones. Siguiendo las premisas explicadas se optó por dividir el flujo vehicular en 3 fases. (Fig. 45)

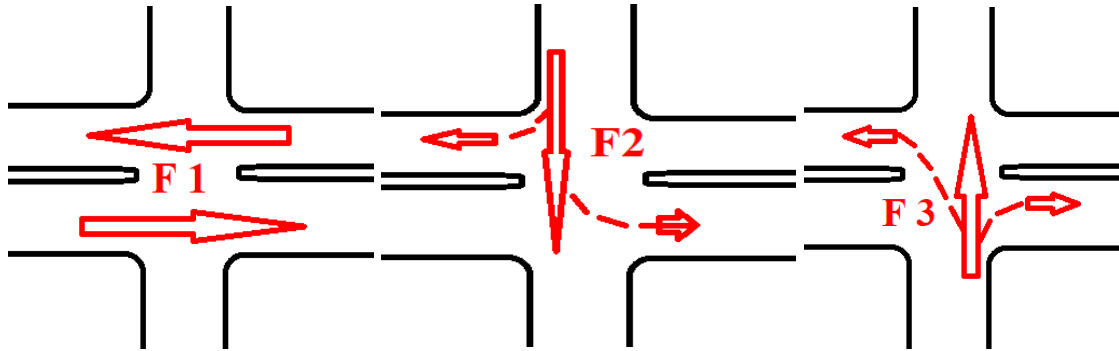


Fig. 45: Distribución de las fases (fuente: elaboración propia).

Este diseño de fases trae aparejado varios problemas:

✚ ¿Cómo doblar hacia la izquierda?

Esto no va a ser posible de forma directa, todos los cruces serán a 90° y con la intervención de un semáforo, se busca con esto darle prioridad al viajero que desea llegar a Barranqueras o al centro de Resistencia, dejando las calles alternativas para aquellos que deseen realizar paradas varias y cruces. (Fig. 46).

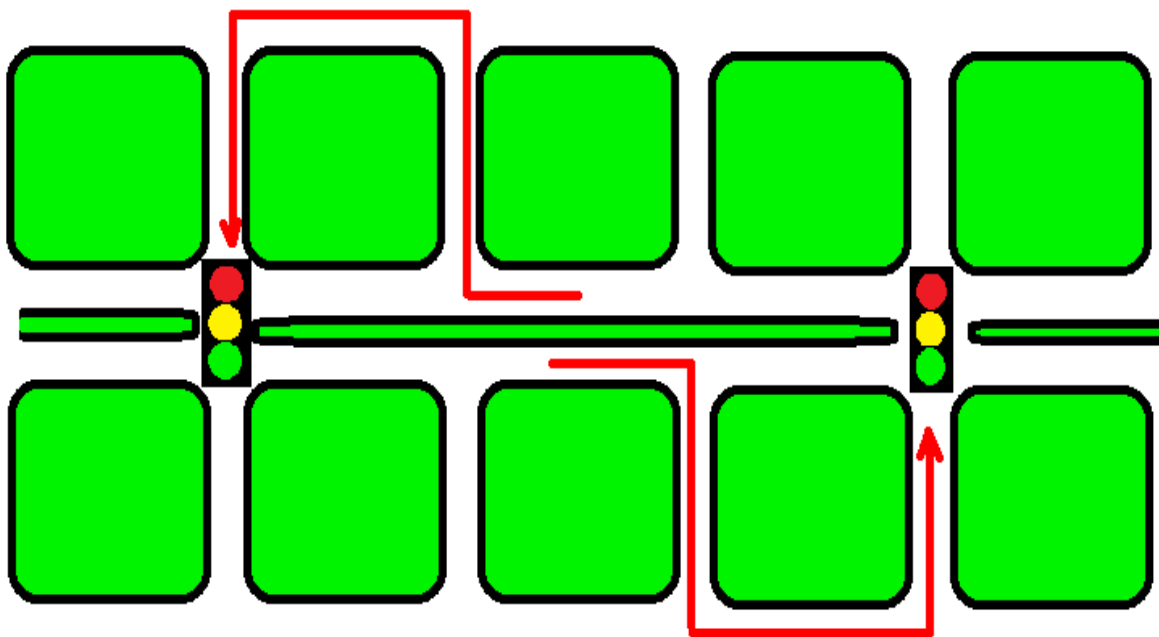


Fig. 46: Esquema del nuevo diseño del cantero central y formas de cruce (fuente: elaboración propia).

✚ ¿Qué pasará con la 3^{ra} fase en las calles con un solo sentido?

Esto no afecta en nada el diseño del tiempo de verde sobre av. 9 de Julio, porque se tendrá un tiempo de verde igual al de una 2^{da} y 3^{ra} fase para evitar inconvenientes en la sincronización.

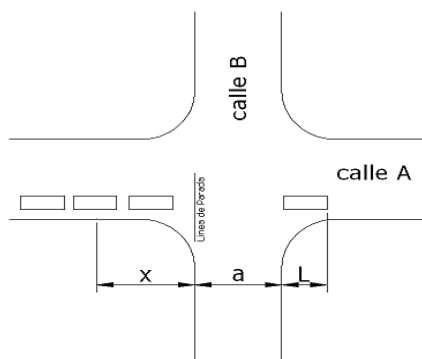
✚ ¿No serán muy cortos los tiempos de verde para realizar cruces?

Serán tiempos mínimos que no alienten al usuario a cruzar la avenida si no es sumamente necesario.

5.6) Cálculo de los tiempos del ciclo sobre av. 9 de Julio

5.6.1) Tiempo del intervalo de cambio

El tiempo del intervalo de cambio se maneja por la velocidad máxima y la geometría de la intersección, responde a la fórmula de la figura 47 y se utilizara valores medios para su cálculo.



$$Y_{\min} = t_r + \frac{v}{2 \cdot g \cdot (f \pm i)} + \frac{a + L}{v}$$

Fig. 47: Fórmula para cálculo del intervalo de cambio (fuente: Control de intersecciones 2012- Ing. Gustavo Di-rado).

- **Y_{min}:** duración mínima del tiempo de amarillo;
- **Tr:** tiempo de reacción;
- **V:** velocidad permitida;
- **I:** desaceleración;
- **G:** gravedad (32, 2 pies/s²);
- **F:** 0.33 pavimento mojado y 0.62 pavimento húmedo.

Según las medidas de las cuadras y su separación en la ciudad de Resistencia el valor de *a* es 20 m (65,64 pies), el de los vehículos 4,3 m (14,1 pies) y la velocidad máxima es de 50 km/h (45,5 pies/ s).

La fórmula da como resultado un tiempo de amarillo mínimo para la fase 1 de 3,41 segundos, se adopta 3,5 segundos.

Según las medidas de las cuadras y su separación en la av. 9 de Julio el valor de a es 30 m (98,4 pies), el de los vehículos 4,3 m (14,1 pies) y la velocidad máxima es de 40 km/hs (36,45 pies/ s).

La fórmula da como resultado un tiempo de amarillo mínimo para las fases 2 y 3 de 4,48 segundos, se adopta 4,5 segundos.

5.6.2) Tiempo de verde

Para la determinación del tiempo de verde se ocupara los valores y métodos propuestos por la HCM (Highway Capacity Manual 2010). Esta entidad define el concepto de descarga de saturación (segundos/vehículo) como el tiempo en el que se estabiliza el flujo de descarga, según sus estudios esto sucede luego del sexto vehículo y el tiempo que demora cada vehículo en cruzar la intersección es de 2,4 segundos. Los primeros 5 vehículos en cruzar la intersección consumen un tiempo extra para reaccionar, este tiempo acumulado es igual a 2 segundos. Este comportamiento es representado por la gráfica. (Fig. 48).

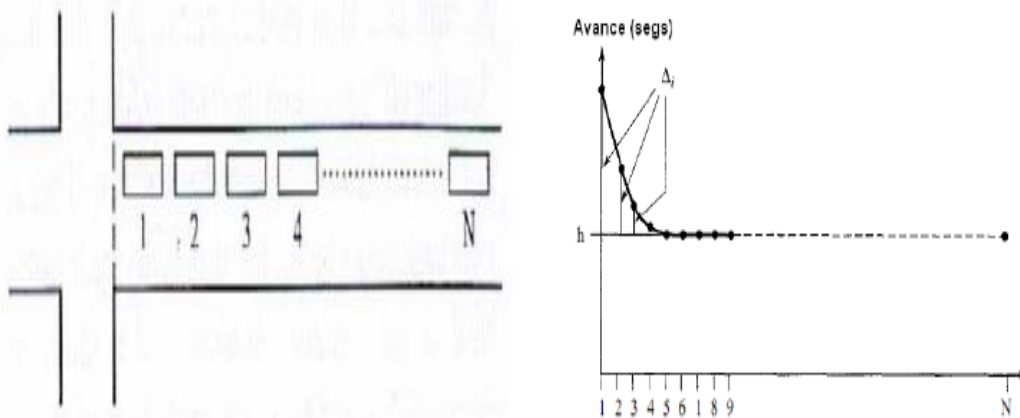


Fig. 48: Progreso de descarga de vehículos en una intersección (fuente: Highway Capacity Manual 2010).

Para la **fase 1** según el estudio de tránsito se propone que el tiempo de verde debe ser suficiente para que 15 vehículos de un carril puedan cruzar la intersección. Sumando el tiempo que tardará cada vehículo, según el valor de la descarga de saturación, más el tiempo perdido inicial se obtuvo que el tiempo de verde necesario será de **38 segundos**. Se prevé tener los 3 carriles habilitados, lo que permite estipular un valor de 45 vehículos por ciclo, lo que sería un 3% del flujo de diseño en el horario pico.

Las **fases 2 y 3** solo permitirán pasar 5 vehículos por ciclo, teniendo las mismas consideraciones que para la fase anterior se dispondrá de un tiempo de verde de **14 segundos**.

5.6.3) Longitud del ciclo, ciclos hora y capacidad de despeje

Sumando los tiempos de verde, de amarillo y tiempos perdidos se plasma los resultados en la tabla 36.

	FASE 1	FASE 2	FASE 3
Tiempo de verde	38 s	14 s	14 s
Tiempo de amarillo	3,5 s	4,5 s	4,5 s
Tiempo de Rojo	37 s	60 s	60 s
Longitud ciclo	78 s = 1,3 m		
Ciclos por hora	46		
Capacidad de despeje (veh/hora)	2070	230	230

Tabla 36: Distribución del tiempo de verde y capacidad de la intersección (fuente: elaboración propia).

Se debe aclarar que la capacidad de despeje de la fase 1 es de una sola mano, comparado con los valores de tránsito al final de la vida útil de la obra la capacidad supera 30% a la demanda.

5.7) Verificación del cruce de peatones

Los tiempos de rojo en cada calle deben ser suficientes para permitir el cruce de peatones, esto se debe verificar sobre las calles principales en las esquinas alejadas a más de 90 m de una intersección semaforizada.

Un intervalo aceptable de tiempo, recomendado por la HCM 2010 según sus mediciones de velocidad promedio del peatón, es la distancia en pies de la trocha dividida en 4 más 3 segundos de amortiguador. En este caso se tendría 28 pies, lo que dejaría un tiempo necesario de rojo para el cruce de 10 segundos. Fig. 49.

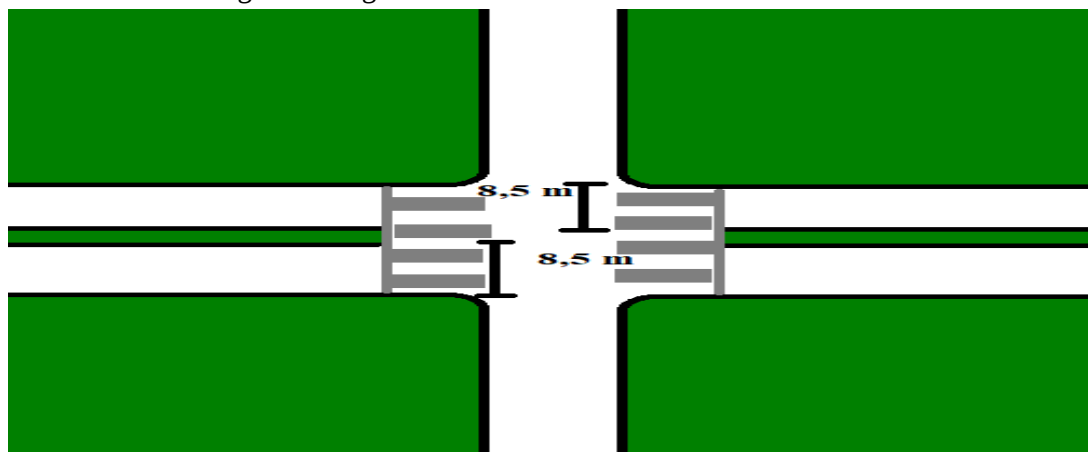


Fig. 49: Longitud de la senda peatonal (fuente: elaboración propia).

El tiempo de rojo necesario se encuentra muy por debajo del tiempo de rojo de los semáforos ubicados sobre la avenida. En un ciclo del semáforo existen 3 intervalos de 10 segundos, por norma debe haber por lo menos 60 intervalos en la hora para realizar el cruce, en este caso existen 138 según el número de ciclos del semáforo. Se debe controlar este derecho cada 2 años.

5.8) Sincronización de los semáforos

Calculados una vez los tiempos del ciclo para todas las intersecciones, se debe programar los semáforos con un desfase adecuado según la distancia a la que se encuentran. Esto se realiza tal como muestra la figura 50, en vertical se encuentran separados con una escala conveniente los semáforos a la distancia que se prevé serán colocados, y en el eje horizontal el tiempo transcurrido en segundos. La pendiente de la recta indica la velocidad, en este caso es de 50 km/h (13,88 m/s).



Fig. 50: Diagrama de sincronización de semáforos (fuente: elaboración propia).

La gráfica anterior describe el comportamiento del pelotón durante horas pico y alrededores, el resto del día se supone no se cumplirán todas las fases 2 y 3. Por lo tanto el comportamiento no es posible de graficar de manera precisa durante la totalidad del día, el comportamiento que se desea obtener es un flujo de vehículos con velocidad promedio de 45 km/h que se desplazan sin interrupciones por un vía principal.

Una vez colocados los semáforos y sincronizados entre sí respetando el diagrama planteado, se debe seguir realizando estudios de demora y confort del usuario. También se debe replantear el funcionamiento del sistema cada 2 años, según el volumen vehicular, el número de accidentes y la seguridad del peatón.

5.9) Sistemas de control al usuario

Para que el nuevo sistema funcione de manera adecuada, hay que educar al usuario. Las municipalidades de Resistencia y Barranqueras deben buscar formas de disminuir las infracciones, ya que estas se trasladan en accidentes y los accidentes en gastos para el sector Salud pública y congestionamientos del tránsito .Fig. 51.



Fig. 51: Cartelería de advertencia (fuente: buscador de Google).

Los municipios deben encargarse de la implementación de fotomultas por exceso de velocidad y pase en rojo, esta exigencia está fundada en las premisas con las cuales se está trabajando (educar al usuario, para optimizar el tránsito y mejorar el confort del conjunto).

El no colocar esta forma de control permite ocupar la avenida como un corredor sin límite de velocidad cuando no exista demanda de las calles laterales.

5.10) Conclusiones

Realizando los estudios correspondientes se ha determinado que los semáforos actuales poseen una tecnología obsoleta y los tiempos de verde no están acorde a lo que el proyecto necesita. Pero su ubicación fue la adecuada para disminuir el número de accidentes.

Más en detalle, los tiempos de verde actuales tienden a dar igual prioridad de paso al que sigue y al que cruza la av. 9 de Julio. Esto no estaba del todo errado, ya que no había calles laterales para realizar recorridos cortos, para el sistema propuesto los tiempos actuales no corresponden al tipo de operación que se desea tener.

La implementación del nuevo sistema de semáforos y cartelería en todo el proyecto deberá ser acompañada por el sector de inspectores de tránsito de la Municipalidad de Resistencia y Barranqueras, el tiempo suficiente para educar al usuario habitual. Y así poder obtener los resultados calculados.

Es tan importante el cálculo y la construcción del proyecto como la educación del usuario y la aplicación de sanciones.

Capítulo 6

Diseño geométrico y estructural

Síntesis:

Se buscará expresar todas las consideraciones que se tiene en cuenta al realizar el diseño, para justificar cada medida plasmada en el plano general y el de perfiles transversales. Deben definirse los conceptos antes de realizarse adopciones, para el pleno entendimiento del lector.

6.1) Generalidades

Para realizar el diseño geométrico se deben considerar las características del conductor, del peatón, de los vehículos y del camino. Teniendo en cuenta el comportamiento de estos, se procede al dimensionamiento de sus elementos físicos, como curvas verticales y horizontales, ancho de carriles, secciones transversales, playas de estacionamiento, etc.

Se desea producir una instalación que tenga un flujo continuo libre de accidentes, esto se logra manteniendo un estándar de diseño consistente a lo largo de todo el camino, que complazca las características del tránsito (vehículos y conductores) y la importancia y usos (tanto sociales como económicos) que se le da al camino en cuestión.

Las premisas del diseño adoptado son: máxima seguridad y comodidad, por lo tanto el recorrido será simple y uniforme, exento de sorpresas, fácil de entender para el usuario y que no genere dudas en este. También se busca la funcionalidad del mismo garantizando que los vehículos que transitan la vía circulen a velocidades adecuadas permitiendo una buena movilidad.

Los tramos a diseñar y calcular son los tramos de la calle Almte. Brown que se observan en la figura 52, se realizará una solución particular para el tramo 2 que se unifica con la calle H.Yrigoyen.



Fig. 52: Ubicación de la calzada a diseñar geométrica y estructuralmente (fuente: elaboración propia).

6.2) Metodología

Se define las características geométricas del tramo a pavimentar bajo las condiciones impuestas por el código de planeamiento urbano de la ciudad de Resistencia junto con las recomendaciones realizadas por el pliego de recomendaciones técnicas de la Dirección Nacional de Vialidad.

6.3) Factores influyentes en el diseño

Se deben catalogar de donde provienen los factores que influyen en el diseño de la vía, ser enumerados y determinar en que afectan al diseño, existen 2 grandes grupos:

- a) Externos: estos corresponden a condiciones preexistentes, de los cuales se deben obtener toda la información posible. Para determinar algunas características importantes de la nueva vía. Estos factores pueden ser:
 - Las características físicas (Topografía, geología, climatología, hidrología)
 - La clasificación funcional de la carretera
 - El volumen y características del tránsito actual y futuro
 - Los recursos económicos de que se pueda disponer para su estudio, construcción y mantenimiento
 - Los aspectos ambientales
 - Los desarrollos urbanísticos existentes y previstos en la zona de influencia
 - Los parámetros socioeconómicos del área de influencia (uso de la tierra, empleo, producción)
 - La calidad de las estructuras existentes
 - Los peatones
 - Tráfico de ciclistas
 - La seguridad vial
- b) Internos: estos son aquellos que propios de la vía pero que en parte dependen de los externos. Estos factores son:
 - Las velocidades a tener en cuenta
 - Las características de los vehículos
 - Los efectos operacionales de la geometría
 - Las características del tráfico
 - Las capacidades de las vías
 - Las aptitudes y comportamiento de los conductores
 - Las restricciones a los accesos

6.4) Determinación del tipo de vía

✚ Según la clasificación funcional: una vía urbana puede clasificarse funcionalmente en arterias principales o vías expresas, arterias menores o vías troncales, vías colectoras y vías locales. Se definen como:

a) *Vías expresas*: a las que establecen la relación entre el sistema interurbano y el sistema vial urbano, sirven principalmente para el tránsito de paso (origen y destino distantes entre sí). Unen zonas de elevada generación de tráfico transportando grandes volúmenes de vehículos, con circulación a alta velocidad y bajas condiciones de accesibilidad. Sirven para viajes largos entre grandes áreas de vivienda y concentraciones industriales, comerciales y el área central.

Facilitan una movilidad óptima para el tráfico directo. El acceso a las propiedades adyacentes debe realizarse mediante pistas de servicio laterales.

En su recorrido no es permitido el estacionamiento, la descarga de mercaderías, ni el tránsito de peatones.

En esta vía el flujo es ininterrumpido, porque no existen cruces al mismo nivel con otras vías, sino solamente a diferentes niveles en intercambios especialmente diseñados.

Las vías expresas suelen transportar vehículos pesados, cuyo tráfico es tomado en consideración para el diseño geométrico correspondiente.

Para el transporte público de pasajeros se permite el servicio de buses, preferentemente en carriles segregados y el empleo de paraderos debidamente diseñados en los intercambios.

b) Vías troncales o arteriales: son aquellas que permiten el tránsito vehicular, con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. El estacionamiento y descarga de mercancías está prohibido.

En estas vías deben evitarse interrupciones en el flujo de tráfico. En las intersecciones donde los semáforos están cercanos, deberán ser sincronizados para minimizar las interferencias al flujo directo.

Los peatones deben cruzar solamente en las intersecciones o en cruces semaforizados especialmente diseñados para el paso de peatones.

Las vías arteriales son usadas por todo los tipos de tránsito vehicular. Se admite un porcentaje reducido de vehículos pesados y para el transporte colectivo de pasajeros se permite el servicio con un tratamiento especial en vías exclusivas o carriles segregados y con paraderos e intercambios debidamente diseñados¹.

Las vías arteriales se conectan a vías expresas, a otras vías arteriales y a vías colectoras, no siendo conveniente que se encuentren conectadas a vías locales residenciales.

c) Vías colectoras: estas sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales y en algunos casos a las vías expresas cuando no es posible hacerlo por intermedio de las vías arteriales. Dan servicio tanto al tránsito de paso, como hacia las propiedades adyacentes.

El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por intersecciones semaforizadas, cuando empalman con vías arteriales y, con controles simples, con señalización horizontal y vertical, cuando empalman con vías locales.

El estacionamiento de vehículos se realiza en estas vías en áreas adyacentes, especialmente destinadas para este objeto.

Reciben soluciones especiales para los cruces peatonales, donde existían volúmenes de vehículos y/ o peatones de magnitud apreciable.

Las vías colectoras son usadas por todo tipo de tránsito vehicular. En las áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Para el sistema de buses se podrá diseñar paraderos especiales y/o carriles adicionales para volteo.

Las vías colectoras se conectan con las arterias y con las locales, siendo su proporción siempre mayor con las vías locales que con las vías arteriales.

d) Vías locales: Son aquellas cuya función principal es proveer acceso a los predios o lotes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio, generado tanto de ingreso como de salida.

Por ellas transitan vehículos livianos, ocasionalmente semipesados; se permite estacionamiento vehicular y existe tránsito peatonal irrestricto. Las vías locales se conectan entre ellas y con las vías colectoras.

 De acuerdo al Código de Planeamiento Urbano la red vial se clasifica en:

a) RED VIAL PRINCIPAL

1) *Red primaria:* está constituida por los tramos de rutas nacionales y provinciales, que posibilitan los accesos regionales y distribuyen el tránsito desde los mismos hacia la red vial secundaria.

2) *Red secundaria:* está constituida por las arterias de tránsito rápido que distribuyen los flujos principales de circulación entre los distintos sectores del complejo urbano y desde los mismos hacia las salidas regionales. Por su naturaleza estas arterias deben disponer de un ancho de vía suficiente y ser periféricas a las áreas centrales y de mayor densificación con el fin de evitar la congestión de las mismas. Al mismo tiempo por su ubicación dentro de la red, algunas están destinadas preferentemente al tránsito de cargas pesadas, otras al de cargas livianas, y otras al de tránsito liviano.

Sus características funcionales exi-gen:

- ancho de vía no inferior a 30 m, se cumple en casi la totalidad del tramo, salvo unos 200 metros donde las construcciones lo impiden y tiene un alto costo de expropiación.
- normalización de perfil y ancho de calzada.
- clasificación por el tipo y carga de los vehículos que puedan transitar, en tránsito de carga pesada, tránsito de carga liviana y tránsito liviano exclusivamente.

3) *Red terciaria:* está constituida por las vías que interconectan entre sí las áreas centrales y comerciales y canalizan el mayor flujo del transporte colectivo urbano con sus múltiples paradas por lo cual la velocidad de circulación se torna más lenta, esta red configura una trama cruzada con la red secundaria de modo que desde cualquier punto de la misma es posible alcanzar, a corta distancia una vía rápida de distribución.

b) RED VIAL INTERNA

4) *Red cuaternaria:* está representada por las múltiples calles de acceso a cada parcela urbana por lo cual no integran la categoría de red principal. No obstante, deben guardar una red terciaria y es admisible su intersección con la red secundaria, pero de ningún modo puede tolerarse su vinculación directa con la red primaria para la cual deben preverse calles laterales de servicio.

 La DNV clasifica los caminos en cinco categorías: I, II, III, IV, V (en función del TMDA, la topografía del terreno y la velocidad directriz asignada al tramo a estudiar).

Para ello ver Tabla N° 37 y Tabla N° 38 (continuación).

CATEGORIA DEL CAMINO	CARACTERISTICAS BASICAS			Topografía	Velocidad Directriz (2)	Pav. Máximo (3)	Radio Mínimo (3)		Pendientes Máximas y Longitudes correspondientes en recta hasta 500 m s/nivel del mar (4)				
	Volumen Tránsito Diario de Diseño	Control de Accesos	N° de Trochas				Deseable	Absoluto	Valores Deseables		Valores Límites s/Volumen de tránsito Diario de Diseño		
									Pendiente	Longitud	Pendiente	Longitud	
												Vol. Máx.	Vol. Mínimo
m.	m.	%	m.	%	m.	m.							
ESPECIAL	>15.000	TOTAL	>2+2	LLANURA	130	8	1200	700	2	1400	3	3800	-
				ONDULADA	110	8	800	500	3	540	4	2100	-
I	5.000 A 15.000	TOTAL O PARCIAL	2+2	LLANURA	130	8	1200	700	3	540	3	3800	-
				ONDULADA	110	8	800	500	3	540	5	1400	-
				MONTAÑOSA	80	10	350	220	4	330	6	1000	-
II	1.500 A 5.000	PARCIAL	2	LLANURA	120	8	800	600	3	540	3	760	3800
				ONDULADA	100	8	600	400	3	540	5	400	670
				MONTAÑOSA	70	10	250	160	5	240	7	270	380
III	500 A 1.500	PARCIAL O SIN CONTROL	2	LLANURA	110	8	800	500	3	540	5	670	-
				ONDULADA	80	10	450	300	4	330	6	480	-
				MONTAÑOSA	60	10	180	120	5	240	7	380	3100
IV	150 A 500	SIN CONTROL	2	LLANURA	100	8	600	400	4	330	6	-	-
				ONDULADA	70	10	250	160	5	240	7	3100	-
				MONTAÑOSA	40	10	80	50	6	190	8	1000	-
V	< 150	SIN CONTROL	2	LLANURA	90	8	520	300	5	240	6	-	-
				ONDULADA	30	10	120	80	6	190	8	-	-
				MONTAÑOSA	30	10	40	25	7	160	10	-	-

Tabla 37: Características de diseño geométrico de caminos (fuente: DNV).

CATEGORIA DEL CAMINO	Distancia Mínima de Visibilidad (5)		Anchos de Coronamiento				Taludes del Terraplén según su altura (8)				Ancho de Obras de Arte entre Guardarruedas según su Luz	
	Para Detención m.	Para Sobreebancho m.	Calzada m.	Banquina (8) m.	Cantero Central (7) m.	Total m.	0 A 1,50	1,50 A 3,00	3,00 A 5,00	5.00	L <= 10m. m.	L > 10m. m.
							Sin Baranda	Con Baranda				
ESPECIAL	260	860	7.50	3.50	>= 11,00	>33,00	01:06	01:04	01:03	01:02	> 33.00	> 2 x13.00
	185	750	7.50	3.50	>= 11,00	>33,00	01:06	01:04	01:03	01:02	> 33.00	> 2 x13.00
I	260	860	7.50	3.00	>= 4,00	>25,00	01:06	01:04	01:02	01:01	>= 25.00	>= 20.00
	185	740	7.50	3.00	>= 4,00	>25,00	01:06	01:04	01:02	01:01	>= 25.00	>= 20.00
	110	540	7.00	3.00	>= 1,00	>21,00	01:03	01:01	01:01	01:01	>= 21.00	>= 16.00
II	220	800	7.30	3.00	-	13.30	01:04	01:04	01:02	01:01	13.30	8.30
	160	680	7.30	3.00	-	13.30	01:04	01:04	01:02	01:01	13.30	8.30
	90	470	6.70	2.00	-	10.70	01:02	01:01	01:01	01:01	10.70	8.30
III	185	740	7.30	3.00	-	13.30	01:04	01:04	01:02	01:01	13.30	8.30
	135	610	6.70	3.30	-	13.30	01:03	01:03	01:02	01:01	13.30	8.30
	75	400	6.70	1.50	-	9.70	01:02	01:01	01:01	01:01	9.70	8.30
IV	160	680	6.70	3.30	-	13.30	01:04	01:03	01:02	01:01	13.30	8.30
	90	470	6.70	3.30	-	13.30	01:02	01:02	01:01	01:01	13.30	8.30
	45	260	6.00	1.25	-	8.50	01:01	01:01	01:01	01:01	8.50	7.00
V	135	610	6.00	1.50	-	9.00	01:02	01:02	01:01	01:01	9.00	7.00
	60	330	6.00	1.50	-	9.00	01:02	01:02	01:01	01:01	9.00	7.00
	30	190	6.00	1.00	-	8.00	01:01	01:01	01:01	01:01	9.00	7.00

Tabla 38: (continuación). Características de diseño geométrico de caminos (fuente: DNV)

Se prosigue realizando todas las adopciones en función de una camino local tipo I con velocidad limitada debido a que forma parte de una red cuaternaria.

6.5) Introducción al cálculo

Se utilizará pavimento rígido de **hormigón H-30**. Este está formado por varias capas, la superior presenta la carpeta de rodamiento, materializada con una losa de hormigón, debido a su gran rigidez y alto módulo de elasticidad tiene la capacidad de resistir las cargas de tránsito, permitiendo una distribución de los esfuerzos en áreas mayores y a su vez reduciendo la transmisión de los mismos a las capas inferiores, brindando así mayor resistencia y durabilidad. Esto no sucede en los pavimentos flexibles, que al presentar menor rigidez, transmiten grandes esfuerzos a las capas inferiores, arrojando como consecuencia mayores tensiones en la sub-rasante. Las losas se encuentran apoyadas en toda su superficie sobre el terreno y son diseñadas bajo criterios de esfuerzo y deformación, con la finalidad de resistir cargas externas durante su período de vida útil.

La carpeta de rodamiento se apoya sobre una base o subbase y ésta sobre la sub-rasante u otra alternativa es que la carpeta puede apoyarse directamente sobre la sub-rasante. La función de la base es prevenir el bombeo de suelos de granos finos, siendo obligatoria cuando la combinación de suelo, agua y tráfico pueden generar bombeo. La sub-rasante tiene la función de dar un apoyo uniforme, sin que se den cambios bruscos en el valor soporte, debe brindar un apoyo estable sin tener tanta importancia en la capacidad de soporte.

El pavimento adoptado tiene la ventaja de que su color claro incrementa su visibilidad en la noche y al presentar gran rigidez no son necesarios grandes espesores para distribuir cargas a las capas inferiores.

Se realizará el dimensionamiento del espesor de pavimento en la calzada mediante el diseño estructural que propone la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Una vez dimensionado se procederá a verificar con la metodología de la Portland Cement Association (PCA).

6.7) Procedimiento de cálculo

Para determinar el espesor de la losa de hormigón el procedimiento de la AASHTO, se apoya en el uso de una ecuación empírica desarrollada por la observación de algunos pavimentos estudiados durante ensayos sobre carreteras.

$$\log(ESAL's) = Z_r * S_o + 7,35 + \log(D - 1) - 0,06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,5 - 1,5}\right)}{1 + \frac{1,624 * 10^7}{(D + 1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 * P_t) * \frac{\log_x\left(MR * Cd * (D^{0,75} - 1,132)\right)}{215,63 * J * \left[D^{0,75} - \frac{18,42}{\left(\frac{Ec}{k}\right)^{0,25}}\right]}$$

- ✚ ESAL's: ejes equivalentes de 18.000 libras, totales para los 20 años de vida útil de diseño;
- ✚ Z_R : desvío normal estándar;
- ✚ S_0 : desvío estándar global de la predicción del tránsito y desempeño;
- ✚ D : espesor de la losa de hormigón;
- ✚ ΔPSI : pérdida de serviciabilidad;
- ✚ P_t : serviciabilidad final;
- ✚ M_R : módulo de rotura del hormigón;
- ✚ C_d : coeficiente de drenaje;
- ✚ J : coeficiente de transferencia de cargas;
- ✚ E_c : módulo de elasticidad del hormigón;
- ✚ k : módulo compuesto de reacción de la subrasante.

6.7.1) Determinación de los ejes equivalentes (ESAL's)

Las dimensiones, pesos y cantidad de ejes son una variable del tránsito, cada tipo de vehículo produce diferentes tensiones y deformaciones al pavimento. Para poder cuantificar el daño, el tránsito se transforma a un número de cargas por eje simple equivalente de 18 kips (80 kN) o ESAL (Equivalent Single Axle Load), de tal manera que el efecto dañino de cualquier eje pueda ser representado por un número de cargas por eje simple.

Para la determinación de los factores de equivalencia de cargas, se utilizan los de la DNV, incrementados en un 50% para trabajar con pavimentos rígidos de pavimentos rígidos.

Tipos de vehículos	Nº de ejes	Factor de daño	Factor mayorado 50%	Cantidad de vehículos	Porcentaje	Fe
Automóviles	2	0,01	0,015	12.740	70%	0,0210
Pick-ups y otros utilitarios	2	0,01	0,015	4.550	25%	0,0075
Colectivos	2	0,07	0,105	0	0%	0,0000
Camiones sin acoplado	2	0,6	0,9	910	5%	0,0900
Camiones con acoplado	5	0,47	0,705	0	0%	0,0000
Camiones Semirremolque	4	0,45	0,675	0	0%	0,0000
Totales	---	---	---	18200	100%	0,1185

Tabla 39: Factor de daño según el tipo de vehículo. (Fuente: elaboración propia)

El factor de equivalencia obtenido es $Fe = 0,1185$

Para obtener la cantidad de vehículos involucrados, se realizó un censo de clasificación (ver Cap. 2 Estudio de Tránsito, Tabla 3: Resultado de los censos), del cual se discriminó la influencia de las motocicletas y bicicletas. También se discriminó los colectivos, ya que se prevé que no circulen por ese tramo. El TMDA corresponde al proyectado de la calle Almte. Brown.

Para determinar el número de ejes equivalentes ESAL's se utiliza la siguiente expresión:

$$ESAL = 2,2 * 0,5 * Fe * Fn * 365 * n * TMDA$$

Dónde:

- ✚ El coeficiente 2,2 hace referencia a la conversión de 8,2 t a 10,5t utilizado en Argentina, haciendo referencia a la relación entre ejes;
- ✚ El coeficiente Fe, se denomina factor de camión y produce la conversión a un vehículo tipo de un eje de 18000 lbs;
- ✚ El término Fn se denomina factor de carriles, y tiene en cuenta el número de carriles por trocha. En nuestro caso se debe adoptar un valor comprendido entre 0,6 – 0,8 según Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”. Se adoptó 0,8;
- ✚ El término n hace referencia a la vida útil de la obra, 20 años en nuestro caso;
- ✚ El TMDA de diseño se obtiene del calculado en el capítulo 2. Donde el TMDA de diseño es 18200 veh/día para la calle Almte. Brown.

Dando como resultado un valor de:

$$ESAL = 2,2 * 0,5 * 0,1185 * 0,8 * 365 * 20 * 18\ 200 = 13.854.640$$

6.7.2) Cálculo del módulo Resiliente (Mr)

El suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural se llama subrasante. Las propiedades naturales de los mismos son una variable de entrada fundamental en el diseño y se la determina mediante este módulo. Este valor sirve en reemplazo del valor soporte (CBR) y es una propiedad que cuantifica mejor cómo se comporta el suelo bajo cargas dinámicas.

Este valor puede determinarse mediante ensayos en laboratorio del tipo triaxial dinámico, como así también “in situ”, mediante la medición de deflexiones dinámicas o mediante propagación de ondas bajo cargas representativas del tránsito real.

Se utilizará una correlación empírica descriptas en el manual AASTHO 1993, que vincula al módulo con el CBR, por no contar con los valores de un ensayo realizado. Con el mejoramiento realizado al suelo mediante el uso de cal el valor del CBR aumenta de 5% a un 6,5%.

$$Mr = 1.500 \times CBR \text{ (por ser } CBR < 10\%) = 1.500 \times 6,5 = 9750 \text{ psi.}$$

6.7.3) Cálculo de pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual fue diseñado. Este índice varía entre 0 (pésimas condiciones) y 5 (perfecto). Para el diseño se deben elegir la serviciabilidad inicial y final. Los valores recomendados según la AASHTO 1993 son:

Serviciabilidad inicial (está en función del diseño de pavimento y la calidad de construcción):

$p_o = 4,5$ Para pavimentos rígidos.

$p_o = 4,2$ Para pavimentos flexibles.

Serviciabilidad final (está en función de la categoría del camino)

$p_f = 2,5$ o más para caminos muy importantes

$p_f = 2$ para caminos con menor tránsito.

Los valores adoptados para cada caso son $p_o = 4,5$ y $p_f = 2,5$. Dando como resultado una pérdida de serviciabilidad:

$$\Delta PSI = p_o - p_f = 4,5 - 2,5 = 2$$

6.7.4) Cálculo de la confiabilidad (R)

La confiabilidad es la probabilidad de que el sistema estructural cumpla con su función prevista durante su vida útil, bajo las condiciones de medio ambiente que suceden durante ese lapso.

Seleccionar el nivel apropiado de confiabilidad depende del uso que se espera se dé al pavimento. Subdimensionar tendrá consecuencias más graves en un pavimento donde se espera un gran volumen de tránsito y como consecuencia alcanzará los niveles de serviciabilidad mínimos antes de lo previsto e incrementando el costo de la obra por las reparaciones y demoras.

Para obtener un nivel de confiabilidad alto implica se debe realizar un mayor costo inicial, pero pasará más tiempo sin necesitar reparaciones, por lo tanto se disminuyen los costos por mantenimiento. Por lo tanto se adopta un nivel de confiabilidad óptimo en el cual la suma de costos iniciales y de mantenimiento sean mínimos .Fig.53.

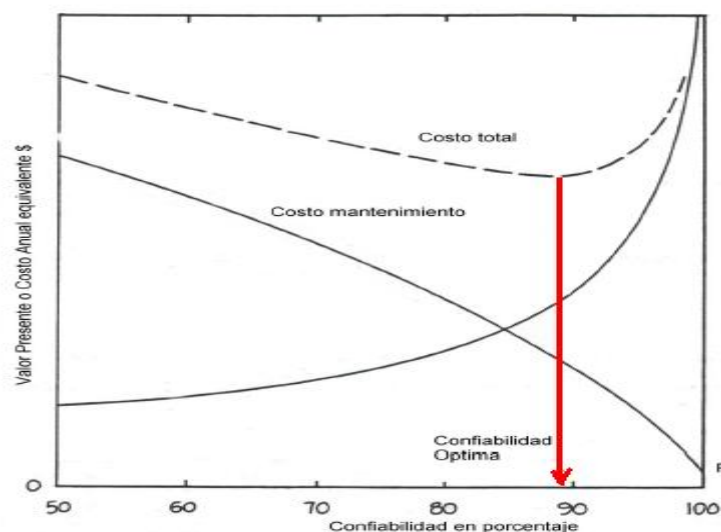


Fig. 53: Confiabilidad óptima. (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

Se presentan los niveles de confiabilidad recomendados por AASHTO 1993, considerándose a la calle Almte. Brown una arteria principal y de zona urbana. Tabla 40.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Tabla 40: Niveles de confiabilidad recomendados (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

Se adopta nivel de confiabilidad (R) = 85 %

6.7.5) Determinación del desvío Estándar (So)

El desvío estándar es una medida de la variabilidad de los datos, su desvío con respecto a un valor medio de la serie. AASTHO 1993 recomienda para pavimentos rígidos un desvío estándar de 0,34 en el caso de que se considere la varianza del tránsito a futuro y un valor de 0,39 en caso de que no sea considerado.

Se adopta un desvío estándar So = 0,39

6.7.6) Cálculo del módulo compuesto de reacción de la subrasante/base (K_{comb})

Al incorporar más capas a la composición de la estructura se producirá un incremento en la capacidad de soporte, que se debe tener en cuenta en el diseño. Teniendo en cuenta el suelo que servirá de subrasante, se propone una base de relleno de densidad controlada (RDC) con un espesor de 15 cm, con 150 kg de cemento por metro cúbico y una resistencia a la compresión simple a los 7 días mayor o igual a 20kg/cm².

Las bases de mezclas de agregados con cemento presentan un módulo de elasticidad que oscilan entre los 1.000.000 – 2.000.000 psi .Tabla 41.

Tipo de material	Módulo de elasticidad ó módulo resiliente [psi]	Factor de pérdida de soporte
Base granular tratada con cemento	1,000,000 – 2,000,000	0.0 – 1.0
Mezclas de agregado con cemento	500,000 – 1,000,000	0.0 – 1.0
Base tratada con asfalto	350,000 – 1.000,000	0.0 – 1.0
Mezclas bituminosas estabilizadas	40,000 – 300,000	0.0 – 1.0
Limo estabilizado	20,000 – 70,000	1.0 – 3.0
Material granular	15,000 – 45,000	1.0 – 3.0
Subrasante natural	3,000 – 40,000	2.0 – 3.0

Tabla 41. Rangos típicos de factores de pérdida de soporte según tipo de material. (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

En este caso se adoptó 750.00 psi como módulo de elasticidad de la base y con los valores del módulo resiliente y el módulo de elasticidad, ingresando en el ábaco de la figura 54, se obtiene el módulo de reacción combinado (K_{comb})

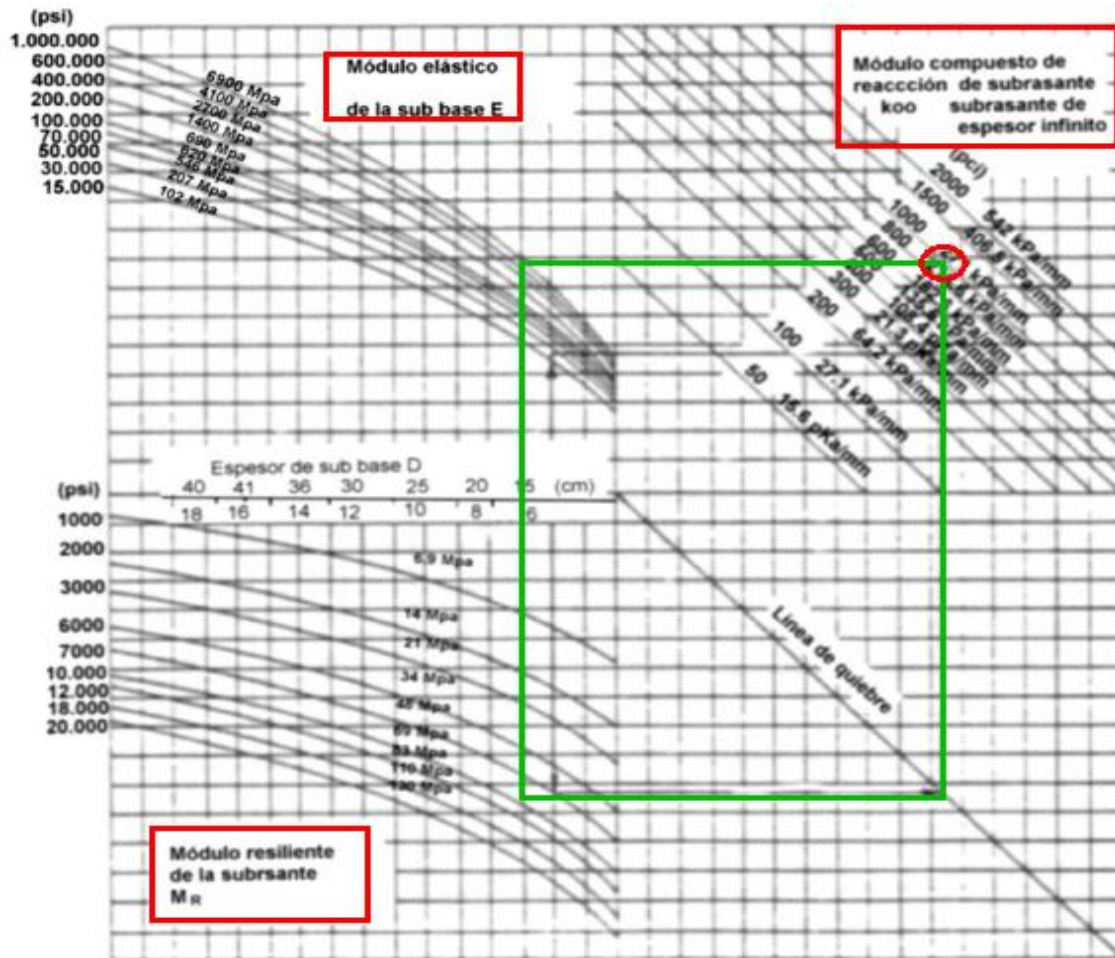


Fig. 54 Ábaco para estimar el módulo compuesto de reacción de subrasante. (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

Del ábaco se obtuvo un $K_{comb} = 950$ pci.

6.7.7) Cálculo del módulo de reacción efectivo de la sub-rasante (K)

Debe ajustarse el módulo de reacción de la subrasante para considerar la pérdida de soporte (LS) de la subbase por erosión.

Este factor es incluido en el diseño de pavimentos rígidos y se obtiene gráficamente ingresando en la figura 54, dependiendo del tipo de material se adopta un valor de LS, que para este caso oscila entre, 0 y 1.

Se adopta $LS = 0,5$.

Se ingresa a la tabla con el valor de LS y el K_{comb} , se ingresa en el ábaco de la figura 55 y se determina el valor del módulo de reacción efectivo de la subrasante.

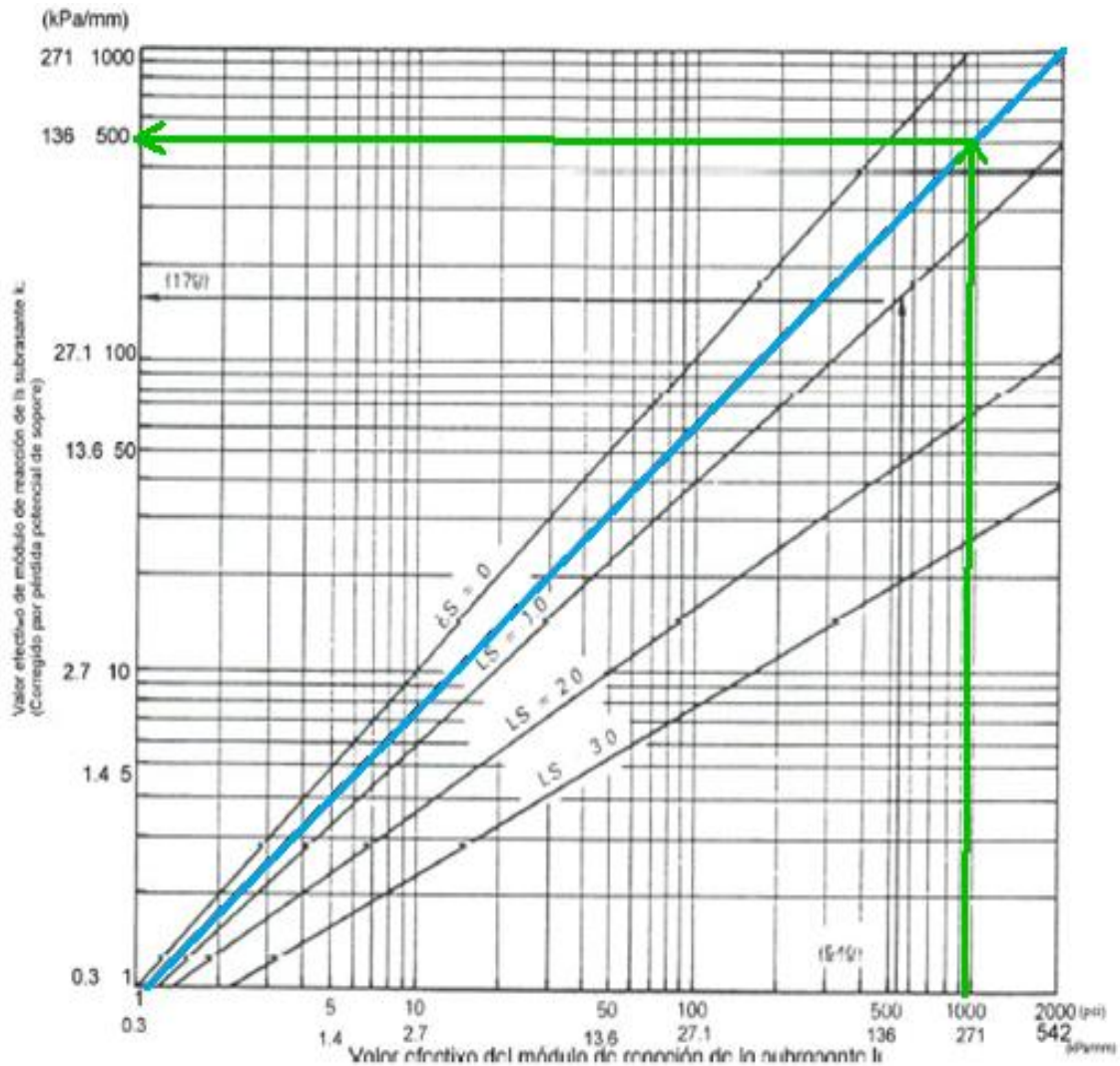


Fig. 55: Corrección del módulo de reacción por pérdida de soporte (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

Se obtuvo un módulo de reacción combinado subrasante/base corregido o efectivo igual a 500 pci.

$$K_{efec} = 500 \text{ pci.}$$

6.7.8) Cálculo del módulo de elasticidad del hormigón (E_c)

La guía AASHTO recomienda el empleo de la relación propuesta por el American Concrete Institute entre la resistencia a compresión simple y el módulo de elasticidad. Donde f'_c es la resistencia a la compresión simple, que para un hormigón tipo H-30 es de 30 Mpa.

$$E_c = 4730 * \sqrt{(f'_c)} [Mpa] = 4730 * \sqrt{(30 \text{ Mpa})} = 25907 [Mpa] = 3757400 \text{ psi}$$

6.7.9) Módulo de rotura del hormigón (fr)

La guía AASHTO propone la determinación del módulo de rotura, utilizando la relación entre los valores de resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción por flexión. Se utilizará una fórmula que refleja los valores obtenidos para hormigones elaborados en Argentina.

$$f_r = 2,58 * (f_c)^{0.5} [kg/(cm^2)]$$

En donde:

- fr: resistencia a la tracción por flexión o módulo de rotura.
- f_c: resistencia a la compresión del hormigón.

Para un hormigón H-30:

$$f_c = 30 \text{ Mpa} = 6000 \text{ psi} = 300 \text{ kg}/(cm^2)$$

$$f_r = 2,58 * (300 \text{ kg}/(cm^2))^{0.5} = 45 \text{ kg}/(cm^2) = 643 \text{ psi}$$

6.7.10) Cálculo del coeficiente de transferencia de carga (J)

Se deben transmitir las cargas del tránsito de una manera eficiente de una losa a la siguiente, esto se logra con juntas cuyo objetivo es reducir las deflexiones. Estas al ser excesivas generan bombeo de la subbase y una posterior fisuración. La transferencia de cargas se puede materializar mediante trabazón entre agregados, o con el uso de barras pasadoras o pasajuntas. Este factor tiene en cuenta la transferencia de cargas a través de las juntas y fisuras.

Con un pavimento rígido con juntas y cordones laterales, que ofrecen un soporte lateral, se ocupa para materializar las juntas pasadores de acero liso y un “ESAL en millones 3-10”. Siguiendo las recomendaciones dadas por el Manual de AASHTO .Tabla 42.

Soporte lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Tipo
ESALs en millones	Con pasadores con o sin refuerzo de temperatura		Con refuerzo continuo		Sin pasadores (fricción entre agregados)		
Hasta 0.3	2.7	3.2	2.8	3.2	-	-	Calles y caminos vecinales
0.3 – 1	2.7	3.2	3.0	3.4	-	-	
1 – 3	2.7	3.2	3.1	3.6	-	-	
3 – 10	2.7	3.2	3.2	3.8	2.5	2.9	Caminos principales y autopistas
10 – 30	2.7	3.2	3.4	4.1	2.6	3.0	
más de 30	2.7	3.2	3.6	4.3	2.6	3.1	

Tabla 42 : Coeficiente de transferencia de carga (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

Se obtiene el valor de transferencia de carga de 2,7.(J=2,7)

6.7.11) Cálculo del coeficiente de drenaje (Cd)

Se analiza el drenaje considerando el efecto del agua sobre las propiedades de las capas de pavimento y los perjuicios sobre la capacidad estructural. Un drenaje adecuado incrementa la capacidad portante de la subrasante (el módulo resiliente aumenta, cuando disminuye el contenido de humedad), mejorando la calidad del camino y permitiendo el uso de capas más delgadas.

Puede clasificarse la calidad del drenaje de la estructura según cuanto tiempo que demora en drenar al agua (ver tabla 43).

Calidad de drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Mas de 10 horas
Muy pobre	El agua no drena	Mucho mas de 10 horas

Tabla 43: Tiempos de drenajes recomendados. (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

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

Tabla 44: Coeficiente de drenaje para pavimentos rígidos. (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

Se observan los valores recomendados para el coeficiente de drenaje (Cd), que depende de la propiedad de las capas que constituyen la estructura de pavimento para liberar el agua entre sus granos. Tabla 44. Como se utiliza una subrasante de suelo cal, el suelo presenta buena capacidad de drenaje.

También puede estimarse que la estructura puede estar expuesta a niveles de saturación en un porcentaje de tiempo mayor al 25%. Por lo tanto se adopta de la tabla x, un coeficiente de drenaje igual a 1.

$$Cd = 1,00$$

6.7.12) Número estructural necesario

Con los valores obtenidos anteriormente se procede a utilizar los ábacos de diseños de pavimentos rígidos 9.2-a y 9.2-b de la guía AASHTO 1993 (Fig. 58 y 60) para determinar el espesor de losa.

$D = 8,66'' = 22 \text{ cm}$

Se adopta $D = 22 \text{ cm}$.

6.8) Paquete estructural propuesto

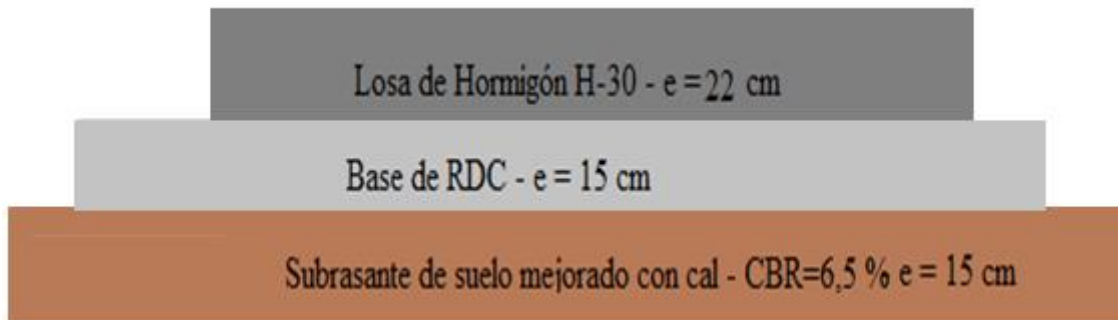


Fig. 56: Esquema del paquete estructural propuesto (fuente: elaboración propia).

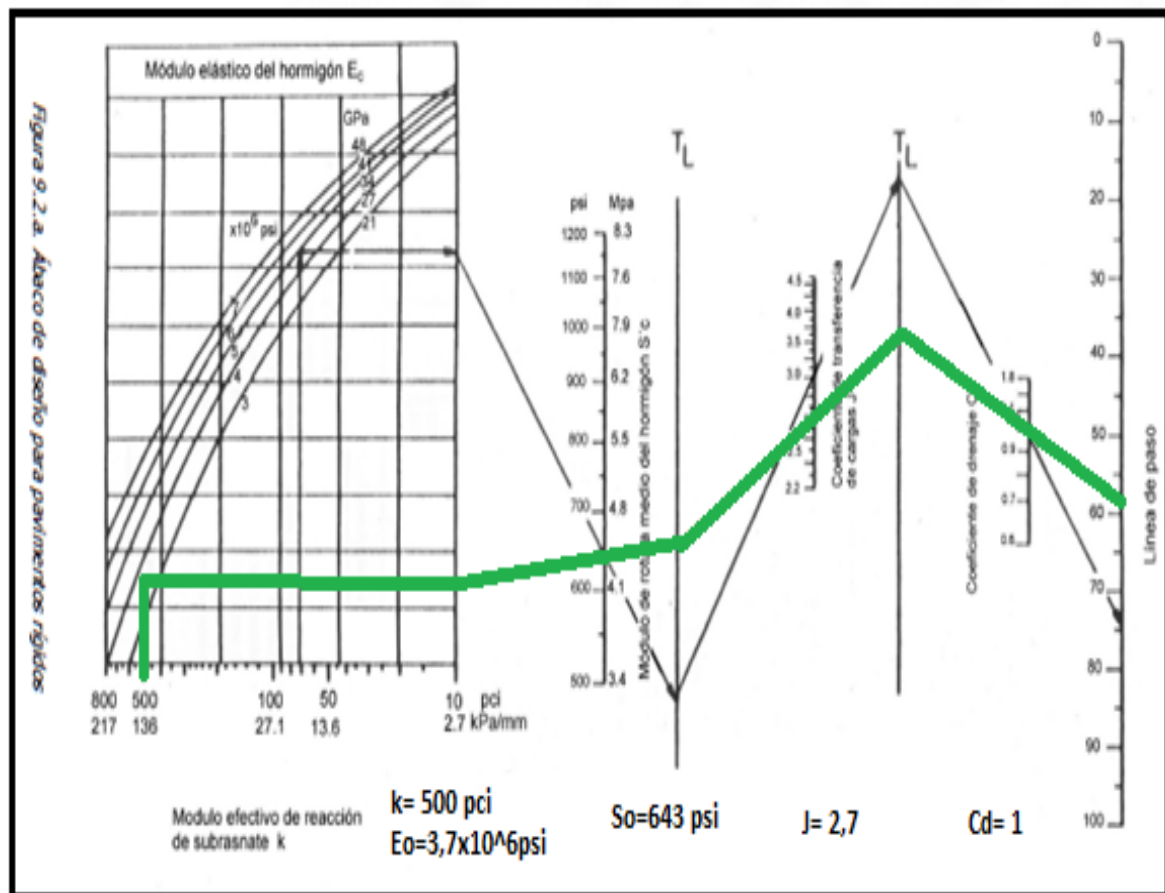


Fig. 57: Ábaco de diseño de pavimentos rígidos (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

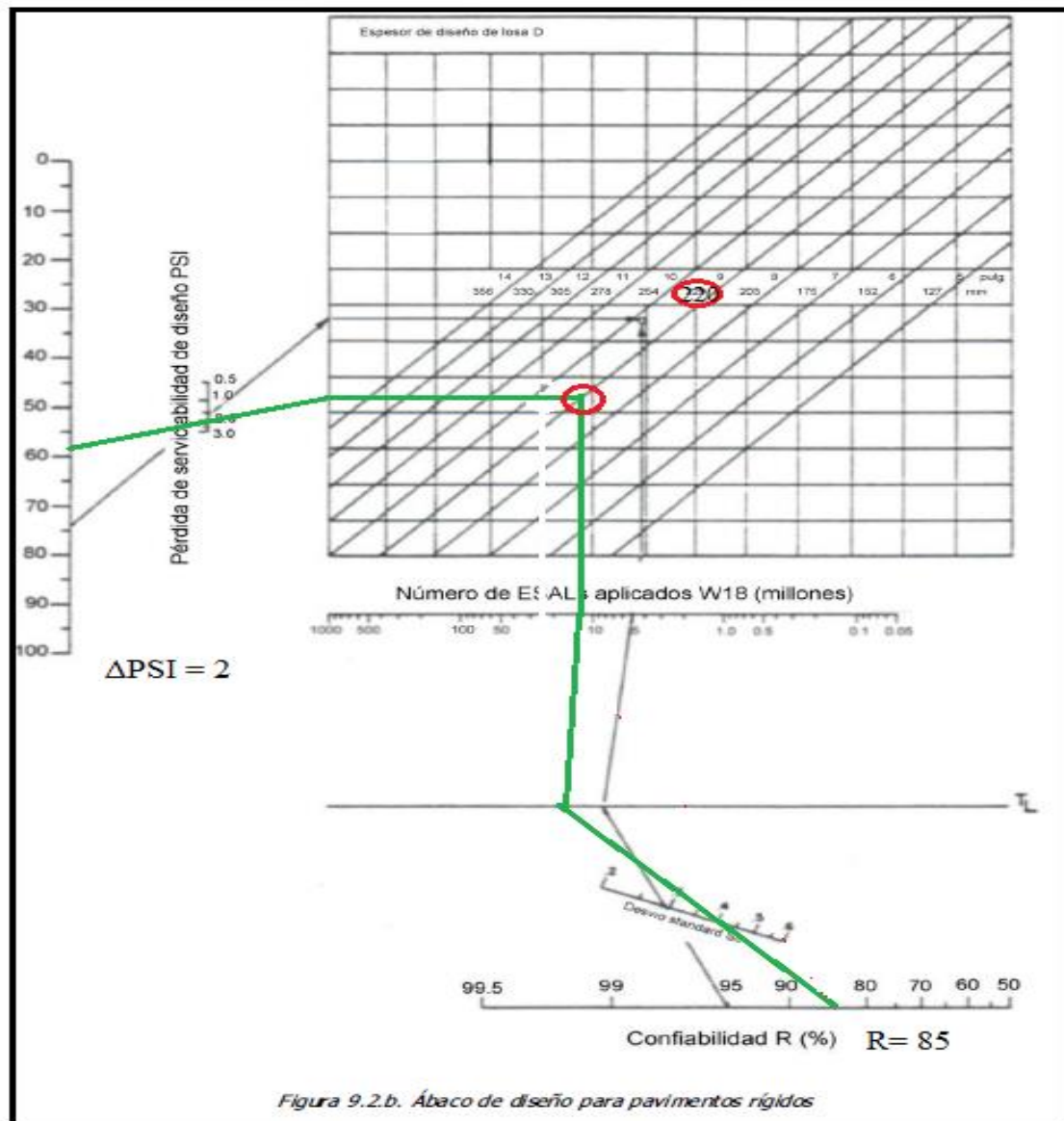


Fig.58: Ábaco de diseño de pavimentos rígidos (Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”).

6.9) Verificación mediante el método de la PCA

Se debe verificar que las dimensiones del paquete adoptadas, cumplan con los requisitos necesarios, se utiliza el método de la Portland Cement Association (PCA). Para realizar la verificación se utilizan los siguientes datos:

- ✚ TMDA diseño = 18.200 veh/día
- ✚ Vehículos considerados para el cálculo:
 - Omnibus (eje simple): 0% con un peso por eje de 9800kg.
 - Camión sin acoplado (eje simple): 2,5% con un peso por eje de 10500kg.
 - Camión con acoplado (eje tándem): 2,5% con un peso por eje de 18000kg.
- ✚ Factor de seguridad de cargas (FSC): se adopta 1,1 por considerarse volumen de tránsito pesado moderado.
- ✚ Con el CBR de 6,5 % se obtiene el módulo de la subrasante:

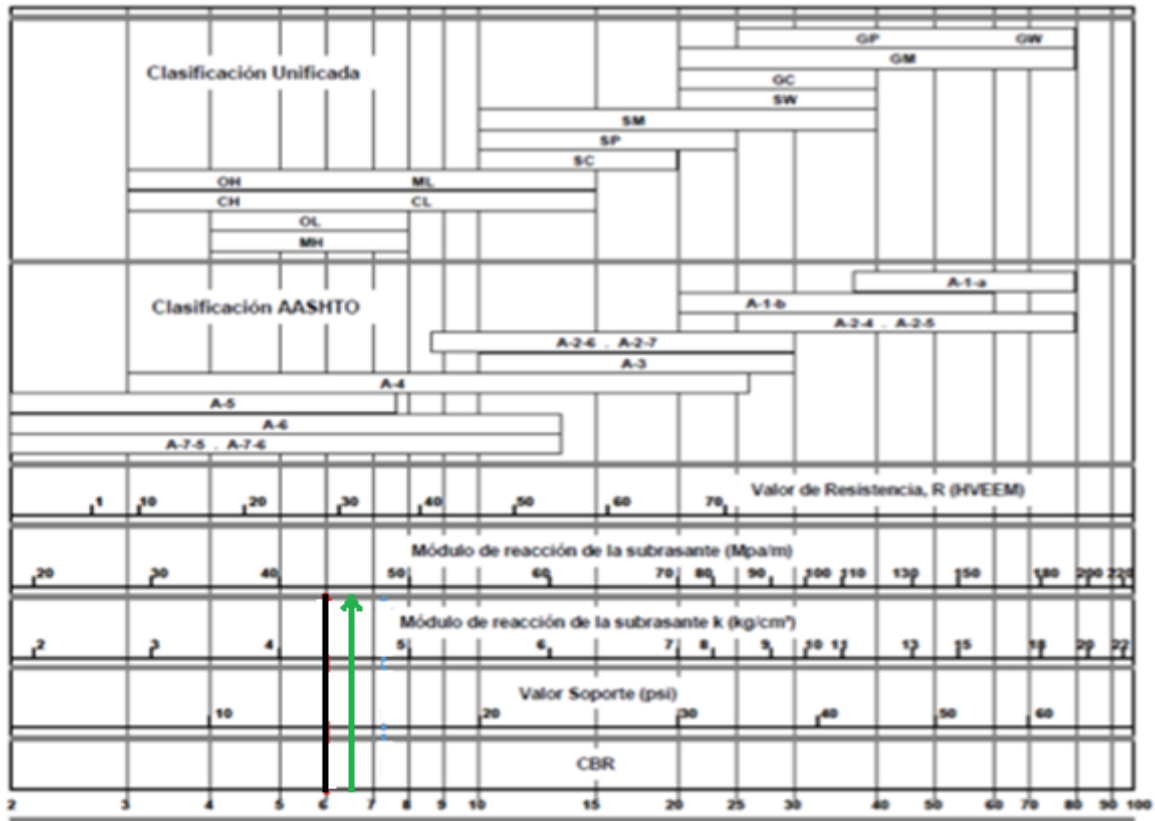


Fig.59: Correlación entre la clasificación de suelos y ensayos. (Fuente: AASHTO).

Se obtiene **k = 45MPa/m**. Fig. x.

- ✚ Con el espesor de la base de RDC de 15cm y el K de 45MPa/m, se obtiene el módulo compuesto de reacción de base/subrasante (K_{comb}) ingresando en la siguiente tabla:

Espesor de la base → k subrasante [MPa/m] ↓	100 mm	150 mm	225 mm	300 mm
20	60	80	105	135
40	100	130	185	230
60	140	190	245	---

Tabla 45. Valor K del suelo según el espesor de la base granular.

Interpolando para el valor de 435 MPa/m se obtiene el K_{comb} de 145 MPa/m.

- ✚ Hormigón tipo H-30 de 22 cm de espesor;
- ✚ Módulo de rotura a los 28 días. $\sigma'_f = 45 \text{ kg/cm}^2$.

Con el espesor del hormigón y el K, se obtienen los esfuerzos equivalentes para eje simple y tándem:

Espesor de la losa (mm)	k subrasante-subbase (Mpa/m)					
	20	40	60	80	140	180
100	5,42 / 4,39 / 3,36	4,75 / 3,83 / 3,10	4,38 / 3,59 / 3,02	4,13 / 3,44 / 2,98	3,66 / 3,12 / 2,94	3,45 / 3,15 / 2,93
110	4,74 / 3,88 / 2,92	4,16 / 3,35 / 2,64	3,85 / 3,12 / 2,55	3,63 / 2,97 / 2,50	3,23 / 2,65 / 2,45	3,06 / 2,68 / 2,44
120	4,19 / 3,47 / 2,60	3,69 / 2,98 / 2,30	3,41 / 2,75 / 2,20	3,23 / 2,62 / 2,14	2,88 / 2,40 / 2,08	2,73 / 2,33 / 2,07
130	3,75 / 3,14 / 2,35	3,30 / 2,68 / 2,04	3,06 / 2,46 / 1,93	2,89 / 2,33 / 1,87	2,59 / 2,13 / 1,80	2,46 / 2,05 / 1,78
140	3,37 / 2,87 / 2,15	2,97 / 2,43 / 1,83	2,76 / 2,23 / 1,72	2,61 / 2,10 / 1,65	2,34 / 1,90 / 1,58	2,23 / 1,83 / 1,55
150	3,06 / 2,64 / 1,99	2,70 / 2,23 / 1,67	2,51 / 2,04 / 1,55	2,37 / 1,92 / 1,48	2,13 / 1,72 / 1,40	2,03 / 1,65 / 1,37
160	2,79 / 2,45 / 1,85	2,47 / 2,06 / 1,54	2,29 / 1,87 / 1,41	2,17 / 1,76 / 1,34	1,95 / 1,57 / 1,25	1,86 / 1,50 / 1,23
170	2,56 / 2,28 / 1,73	2,26 / 1,91 / 1,43	2,10 / 1,74 / 1,30	1,99 / 1,63 / 1,23	1,80 / 1,45 / 1,14	1,71 / 1,38 / 1,11
180	2,37 / 2,14 / 1,62	2,09 / 1,79 / 1,34	1,94 / 1,62 / 1,21	1,84 / 1,51 / 1,14	1,66 / 1,34 / 1,04	1,58 / 1,27 / 1,01
190	2,19 / 2,01 / 1,53	1,94 / 1,67 / 1,26	1,80 / 1,51 / 1,13	1,71 / 1,41 / 1,06	1,54 / 1,25 / 0,96	1,47 / 1,18 / 0,92
200	2,04 / 1,90 / 1,45	1,80 / 1,58 / 1,19	1,67 / 1,42 / 1,07	1,59 / 1,33 / 0,99	1,43 / 1,17 / 0,89	1,37 / 1,11 / 0,85
210	1,91 / 1,79 / 1,37	1,68 / 1,49 / 1,13	1,56 / 1,34 / 1,01	1,48 / 1,25 / 0,93	1,34 / 1,11 / 0,83	1,28 / 1,04 / 0,79
220	1,73 / 1,58 / 1,28	1,57 / 1,41 / 1,07	1,46 / 1,27 / 0,95	1,33 / 1,18 / 0,88	1,26 / 1,03 / 0,78	1,20 / 0,98 / 0,74
230	1,68 / 1,62 / 1,24	1,48 / 1,34 / 1,02	1,38 / 1,21 / 0,91	1,31 / 1,12 / 0,84	1,18 / 0,93 / 0,73	1,13 / 0,92 / 0,70
240	1,58 / 1,55 / 1,18	1,39 / 1,28 / 0,97	1,30 / 1,15 / 0,87	1,23 / 1,06 / 0,80	1,11 / 0,91 / 0,69	1,06 / 0,87 / 0,66

Tabla 46: Tensión equivalente (eje simple/doble/triple). (Fuente: ICPA).

Con el espesor de 22cm y el K = 145 MPa/m se obtiene la tensión equivalente:

- Para eje simple = 1,26
- Para eje tándem = 1,08

Espesor de la losa (mm)	k subrasante-subbase (Mpa/m)					
	20	40	60	80	140	180
100	3,76 / 3,80 / 3,86	3,75 / 3,79 / 3,80	3,74 / 3,77 / 3,75	3,74 / 3,76 / 3,71	3,72 / 3,72 / 3,62	3,70 / 3,70 / 3,56
110	3,63 / 3,71 / 3,76	3,62 / 3,67 / 3,69	3,61 / 3,65 / 3,65	3,61 / 3,63 / 3,62	3,59 / 3,60 / 3,53	3,58 / 3,58 / 3,48
120	3,52 / 3,61 / 3,68	3,50 / 3,56 / 3,60	3,49 / 3,54 / 3,56	3,49 / 3,52 / 3,52	3,47 / 3,49 / 3,45	3,46 / 3,47 / 3,40
130	3,74 / 3,52 / 3,60	3,39 / 3,47 / 3,51	3,39 / 3,44 / 3,47	3,38 / 3,43 / 3,44	3,37 / 3,39 / 3,37	3,35 / 3,37 / 3,33
140	3,31 / 3,43 / 3,53	3,30 / 3,38 / 3,43	3,29 / 3,35 / 3,39	3,28 / 3,33 / 3,36	3,27 / 3,30 / 3,29	3,26 / 3,28 / 3,26
150	3,22 / 3,36 / 3,47	3,21 / 3,30 / 3,36	3,20 / 3,27 / 3,31	3,19 / 3,25 / 3,28	3,17 / 3,21 / 3,22	3,16 / 3,19 / 3,19
160	3,14 / 3,28 / 3,41	3,12 / 3,22 / 3,30	3,11 / 3,19 / 3,25	3,10 / 3,17 / 3,21	3,09 / 3,13 / 3,15	3,08 / 3,12 / 3,12
170	3,06 / 3,22 / 3,35	3,04 / 3,15 / 3,24	3,03 / 3,12 / 3,19	3,02 / 3,10 / 3,15	3,01 / 3,06 / 3,08	3,00 / 3,04 / 3,05
180	2,99 / 3,16 / 3,30	2,97 / 3,09 / 3,19	2,96 / 3,06 / 3,13	2,95 / 3,03 / 3,09	2,93 / 2,99 / 3,02	2,92 / 2,97 / 2,99
190	2,92 / 3,10 / 3,25	2,90 / 3,03 / 3,14	2,88 / 2,99 / 3,08	2,88 / 2,97 / 3,04	2,86 / 2,93 / 2,96	2,85 / 2,91 / 2,93
200	2,85 / 3,05 / 3,21	2,83 / 2,97 / 3,09	2,82 / 2,94 / 3,03	2,81 / 2,91 / 2,99	2,79 / 2,87 / 2,91	2,78 / 2,85 / 2,88
210	2,79 / 2,99 / 3,16	2,77 / 2,92 / 3,05	2,75 / 2,88 / 2,99	2,75 / 2,86 / 2,94	2,73 / 2,81 / 2,86	2,72 / 2,79 / 2,83
220	2,73 / 2,85 / 3,13	2,71 / 2,87 / 3,01	2,69 / 2,82 / 3,01	2,69 / 2,80 / 3,00	2,67 / 2,75 / 2,82	2,66 / 2,73 / 2,78
230	2,67 / 2,90 / 3,08	2,65 / 2,82 / 2,97	2,64 / 2,78 / 2,90	2,63 / 2,75 / 2,86	2,61 / 2,71 / 2,77	2,60 / 2,68 / 2,74
240	2,62 / 2,86 / 3,05	2,60 / 2,78 / 2,93	2,58 / 2,73 / 2,86	2,57 / 2,71 / 2,82	2,55 / 2,65 / 2,73	2,54 / 2,63 / 2,69

Tabla 47. Factor de erosión (eje simple/doble/triple). (Fuente: ICPA)

Con el espesor de 22cm y el K = 145 MPa/m se obtiene el factor de erosión:

- Para eje simple = 2,67
- Para eje tándem = 2,75



6.9.1) Análisis de fatiga

Se controla el agrietamiento por fatiga mediante el siguiente, debido a que este influye principalmente en el diseño de pavimentos de tráfico ligero (calles residenciales y caminos secundarios independientemente de si las juntas tienen o no pasajuntas) y pavimentos con tráfico mediano con pasajuntas en las juntas.

Para el análisis de fatiga se ingresa en la figura 60, con los pesos por eje, que son 108KN para eje simple y 126KN para eje tándem.

La relación de tensiones es de 0,23 para ejes simples y de 0,20 para eje tándem.

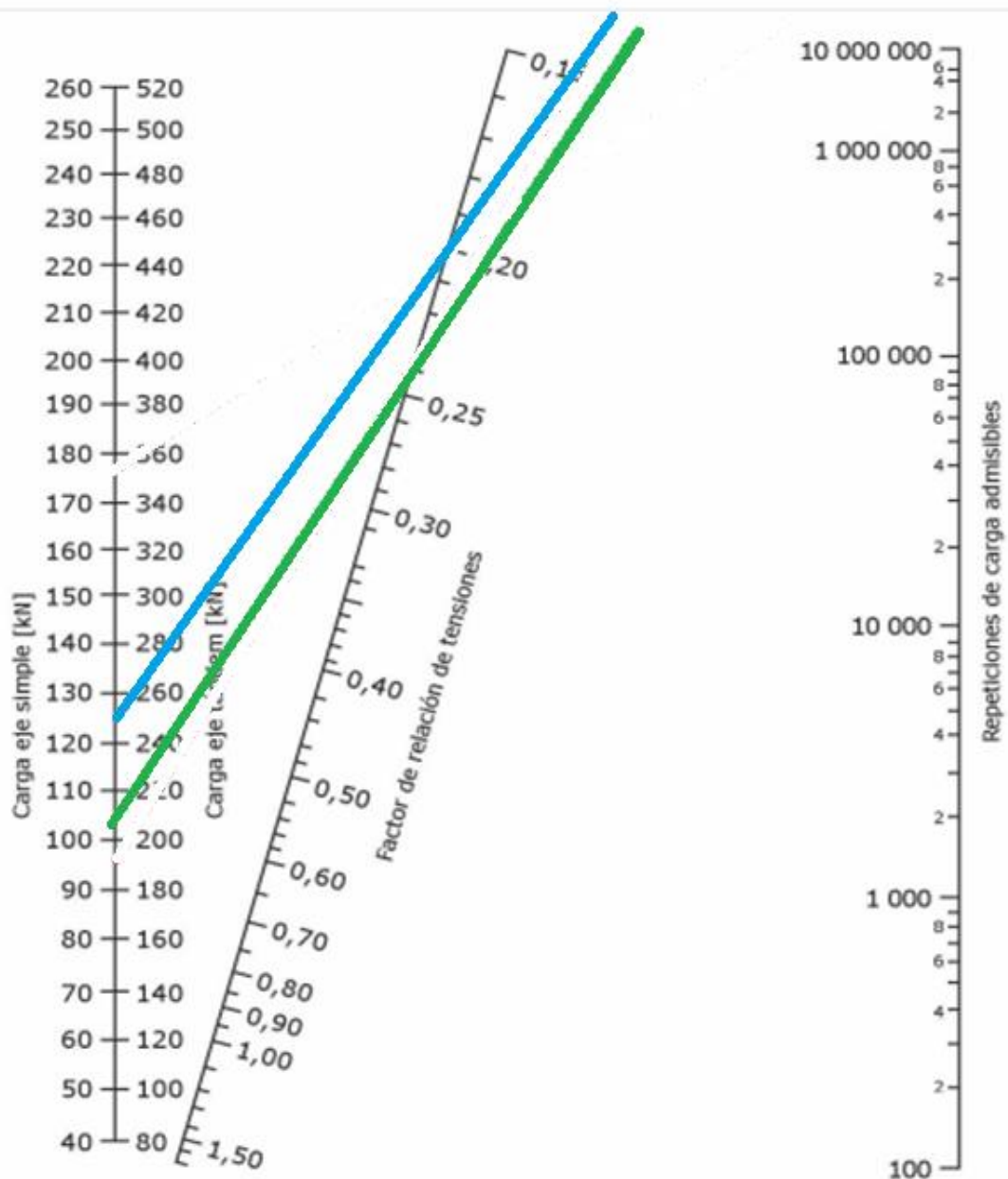


Fig.60: Análisis de fatiga. Cantidad de repeticiones admisibles a partir de la relación de tensiones. (Fuente: ICPA)

Para los 3 casos se obtienen repeticiones admisibles ilimitadas.

6.9.2) Análisis de erosión

Este análisis es el responsable de controlar la erosión del terreno de soporte, bombeo y diferencia de elevación de las juntas, afecta principalmente el diseño de pavimentos con tráfico mediano a pesado con transferencia de carga por trabazón de agregados (sin pasajuntas) y pavimentos de tráfico pesado con pasajuntas.

Para el análisis de erosión se ingresa en la figura 61 con los pesos por eje, que son 108KN para eje simple y 126KN para eje tándem.

Los factores de erosión son 2,67 para eje simple y 2,75 para eje tándem.

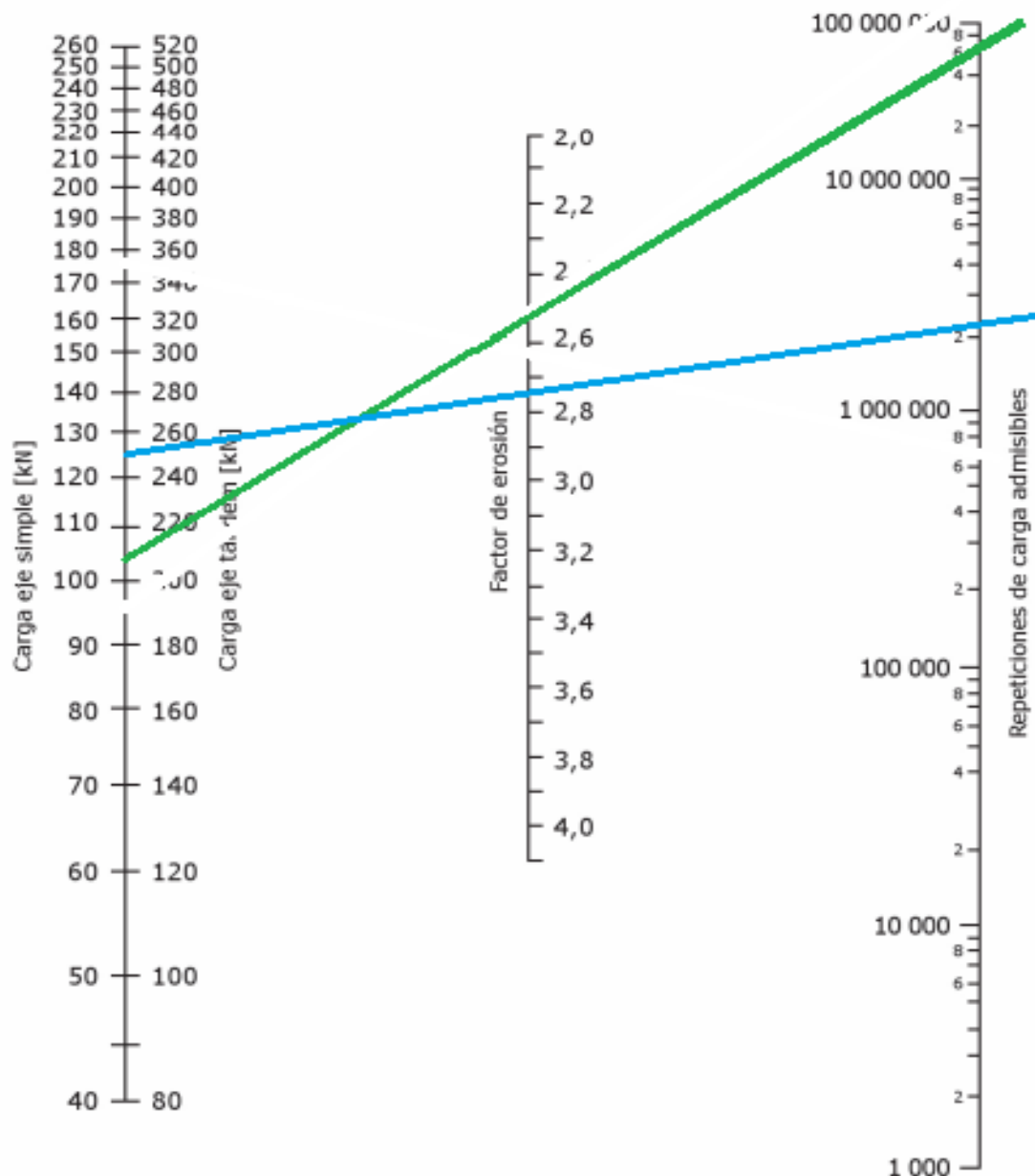


Fig.61: Análisis por erosión. Cantidad de repeticiones admisibles a partir del factor de erosión. (Fuente: ICPA).

- Para el peso de 1038Kn (eje simple): repeticiones admisibles = 60.000.000
- Para el peso de 126Kn (eje tándem): repeticiones admisibles = 22.000.000

6.9.3) Número de repeticiones esperadas

Para determinar el número de repeticiones esperadas se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$Re = TMDA \times \% Te \times FS \times FC \times Pd \times FCA \times 365$$

Dónde:

- ✚ TMDA = Tránsito medio diario anual → 18.200 veh/día
- ✚ % Te = % de TMDA para cada tipo de eje
 - Omnibus (eje simple): % con un peso por eje de 9800kg.
 - Camión sin acoplado (eje simple): 2,5% con un peso por eje de 10500kg.
 - Camión con acoplado (eje tándem): 2,5% con un peso por eje de 18000kg.
- ✚ FS = Factor de sentido → 0,5
- ✚ FC = Factor de carril → 0,8
- ✚ Pd = Período de diseño → 20 años
- ✚ Factor de crecimiento anual → 1,4

Para eje simple de 10.800kg por eje:

$$Re = 18.200 \times 0,025 \times 0,5 \times 0,8 \times 20 \times 1,4 \times 365 = 1.860.040$$

Para eje tándem de 12.600kg por eje:

$$Re = 18.200 \times 0,025 \times 0,5 \times 0,8 \times 20 \times 1,4 \times 365 = 1.860.040$$

6.9.4) Verificación del espesor de pavimento

Verificación del espesor de hormigón						
Espesor estimado =		22,0 cm		Junta con pasadores = SI		
"k" combinado Subr/c		14,5Kg/cm3		Sin banquina de Hormi		
Módulo de Rotura "MI		45 kg/cm2		Subbase cementada		
FSC =		1,1		Espesor = 15 cm		
Período de Diseño :		20 años				
Cargas	Carga	Repeticione	Análisis de Fatiga		Análisis de Erosión	
por eje	por FSC	Esperadas	Repeticiones Admisibles	Consumo de Fatiga	Repeticiones Admisibles	Daño por Erosión
1	2	3	4	5	6	7
EJES SIMPLES	Esfuerzos equivalentes		1,08	Factor de erosión		2,67
	Relación de tensiones		0,23			
	10800	11550 14756570	ILIMITADAS	0,00%	60.000.000	3,10%
			Suma parcial	0,00%		3,10%
EJES TANDEM	Esfuerzos equivalentes		1,26	Factor de erosión		2,75
	Relación de tensiones		0,2			
	12600	13800 4918856	ILIMITADAS	0,00%	22.000.000	8,45%
			Suma parcial	0,00%		8,45%
			FATIGA	0,00%	EROSIÓN	11,55%

Tabla 48: Verificación el espesor de hormigón según ICPA. (Fuente: elaboración propia).

Como lo muestra la tabla 48, la suma de los porcentajes de daños por fatiga y erosión son menores al 100%. Por lo tanto nos encontramos en buenas condiciones y es factible construir un pavimento de 22 cm y que este permanezca durante los 20 años de vida útil y más.

6.10) Dimensionamiento y adopción de juntas, pasadores y barras de unión

Se diseñan las juntas para desarrollar un patrón de fisuración ordenado, a causa del que se desarrolla naturalmente en el fragüe y durante el servicio. Si se realiza un diseño adecuado y una ejecución cuidadosa de juntas transversales y longitudinales con los mecanismos apropiados para transferir las cargas la fisuración no tendrá efectos negativos.

Un adecuado diseño permitirá prevenir la infiltración de agua y materiales incompresibles a la estructura del pavimento, también proveerá transferencia adecuada de cargas y permitirá el movimiento de las losas contra estructuras fijas e intersecciones.

El ICPA recomienda que la relación largo/ancho de losas no debe ser mayor a 1,5 (se recomienda que sea menor o igual a 1,25). Se adoptan tres disposiciones de separación entre juntas para cada calzada.

La calzada tendrá 2 formas de división:

-  La primera conformará la mayor parte del tramo, su ancho es de 8 m y dispondrá una separación entre juntas en sentido longitudinal al eje de calzada de 4m y en sentido transversal de 3m Quedando conformadas losas de 4mx3m y 0,22m de espesor, cuya relación largo ancho es igual a 0,75.
-  La segunda disposición funcionara el tramo que se ha dimensionado como avenida, pero sobre la calle Almt. Brown donde el ancho de la misma será de 12m, se dispondrá una separación entre juntas en sentido longitudinal al eje de calzada de 3m y en sentido transversal de 3m Quedando conformadas losas de 3mx3m y 0,22m de espesor Dando como resultado una relación largo/ancho = 1

6.10.1) Disposición y dimensionamiento de juntas transversales de contracción

Se llaman así a las juntas materializadas en el sentido transversal de la calzada de hormigón, que permiten controlar la formación de fisuras intermedias en las losas, tanto a edad temprana como en servicio. (Fig.62)

Se logra la transferencia de cargas mediante la implementación de pasadores, estos son barras de acero lisas colocadas en la junta transversal para transferir cargas, pero no restringen el movimiento longitudinal de las losas. También colaboran en la disminución de tensiones y deflexiones en el hormigón.

Junta Transversal de
Contracción con
Pasadores

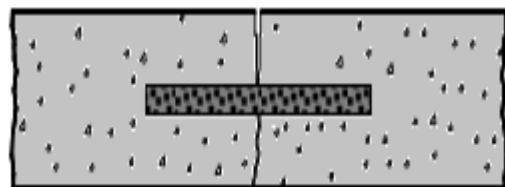


Fig. 62 : Junta transversal de contracción con pasadores. (Fuente: Instituto del Cemento Portland Argentino).

Se utilizará las recomendaciones el ICPA para determinar las dimensiones de las barras, (ver imagen x).De las cuales se adoptó un barra de tipo I (AL -220), de 0,45m de longitud y un diámetro de 0,032m y separadas a 0,30m de centro a centro y 0,15m de centro a borde.

Tipo de acero	Tipo I (AL-220)
Superficie	Lisa, libre de óxido y con tratamiento que impida la adherencia al hormigón.
Longitud	45 cm.
Diámetro	25 mm para $E \leq 20$ cm 32 mm para $20 < E \leq 25$ cm 38 mm para $E > 25$ cm
Separación	30 cm. de centro a centro 15 cm. de centro a borde
Ubicación	Paralelo al eje de calzada Mitad del espesor de losa Mitad a cada lado de la junta transversal

INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO



Fig.63: Características de barras pasadores. (Fuente: Instituto del Cemento Portland Argentino).

6.10.2) Disposición y dimensionamiento juntas longitudinales de contracción

Este tipo de juntas controlan la fisuración longitudinal y se ejecutan por aserrado cuando se materializan dos o más trochas simultáneamente.

Se deben emplear barras de acero conformadas superficialmente y colocarlas perpendicularmente a la dirección longitudinal y siempre a mitad de la profundidad en el espesor de la losa. Cuando se realiza el armado de esta junta debe tenerse presente que debe estar alejado como mínimo 40cm respecto de las juntas transversales, pues, no interferir con el funcionamiento de los pasadores. Es recomendable colocarlas junto a las líneas demarcatorias de división de carriles, para así evitar la formación de huellas.

Junta Longitudinal de Contracción

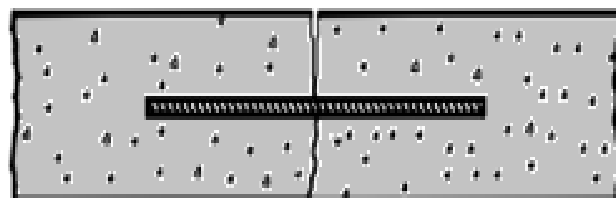


Fig.64: Junta longitudinal de contracción con barra de unión. (Fuente: Instituto del Cemento Portland Argentino).

Para dimensionar las barras de unión se usa la fórmula recomendada por el ICPA.

$$A_{BU} = \frac{\gamma \cdot E \cdot L \cdot \mu \cdot S}{f_a}$$

Siendo:

- A_{BU} : Sección mínima de acero de las barras de unión por cada losa de pavimento.
- γ : Peso unitario del hormigón.
- E : Espesor de la losa.
- L : Distancia al borde libre más cercano.
- μ : Coeficiente de fricción entre la losa y el apoyo (ver Tabla 3-2).
- f_a : Tensión admisible del acero.
- S : Separación entre juntas transversales.

Tabla 3-2: Coeficientes de fricción recomendados. [AASHTO. 1993]	
Tipo de material en el apoyo de la calzada	Coeficiente de Fricción, μ
Tratamiento superficial	2,2
Estabilizado con cal/cemento/asfalto	1,8
Material granular	1,5
Subrasante Natural	0,9

Fig.65: Sección mínima de acero (fuente: Manual de Diseño y Construcción de pavimentos de Hormigón).

Se determina la sección para la mayor exigencia, por lo tanto se dimensiona para las losas de 4mx3m:

$$A_{BU} = 0.024 \text{ MN/m}^3 \times 0,22\text{m} \times 4 \text{ m} \times 1,8 \times 3 \text{ m}) / 240 \text{ MPa} = 4,75 \text{ cm}^2$$

Obtenida la sección, se determinará el largo de la barra, para ello se utilizaron las recomendaciones del Manual de Diseño y Construcción de pavimentos de Hormigón.

Tabla 3-3: Largo mínimo de las barras de unión.			
Diámetro de la barra [mm]	Sección [cm ²]	Perímetro [cm]	Largo mínimo de la barra de unión [cm]
10	0,79	3,14	60
12	1,13	3,77	72
16	2,01	5,02	96
20	3,14	6,28	120

Fig.66: Longitud mínima de las barras de unión (fuente: Manual de Diseño y Construcción de pavimentos de Hormigón).

Diámetro de la Barra de Unión	10mm	12mm	16mm
Cantidad por losa	10	7	4
Separación adoptada entre barras	0,41 m.	0,62 m	1,12 m
Distancia entre barras extremas y las juntas transversales	0,40 m	0,40 m	0,56 m
Longitud de la barra de unión	0,6 m	0,72 m	0,96 m

INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO



Fig.67: Separación de las barras de unión (fuente: Manual de Diseño y Construcción de pavimentos de Hormigón).

Siguiendo las recomendaciones del instituto que se observan en las figuras 66 y 67, se utilizarán 7 barras de diámetro 12mm, cuya sección es $1,13\text{cm}^2$ y un largo mínimo de 72 cm por cada losa, separadas entre sí cada 62 cm para realizar las juntas longitudinales de contracción.

6.10.3) Disposición y dimensionamiento juntas transversales de construcción

Se realizan las juntas transversales de construcción al finalizar la jornada de trabajo o en interrupciones programadas o por imposibilidad de continuar con el hormigonado. Por ellas la transferencia de carga se efectúa a través del pasador y las barras utilizadas son las mismas que para las juntas transversales de contracción.

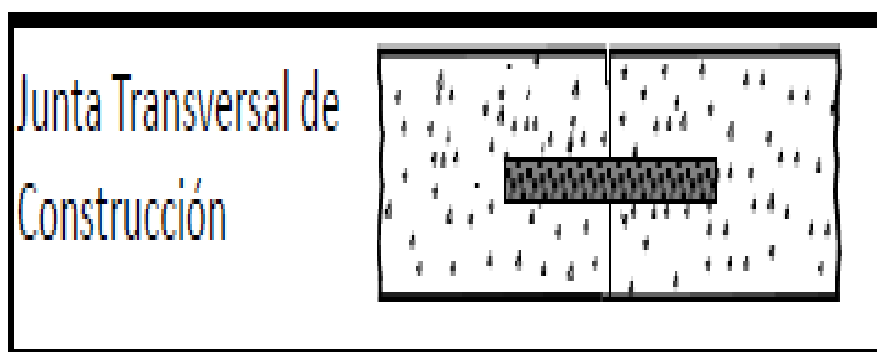


Fig.68: Junta transversal de construcción con pasadores. (Fuente: Instituto del Cemento Portland Argentino).

6.10.4) Disposición de juntas de dilatación

Se utilizan este tipo de juntas para aislar al pavimento de otra estructura, tal como otra zona pavimentada o una estructura fija. También colaboran al disminuir tensiones de compresión que se desarrollan en intersecciones en T y asimétricas, su ancho no debe superar los 25mm y la transferencia de carga se realiza a través de la barra pasadora

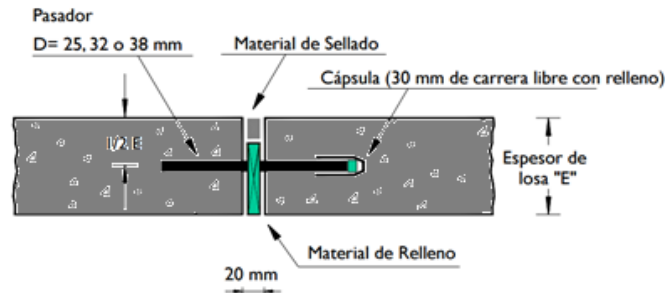


Fig. 69: Junta transversal de dilatación con pasadores. (Fuente: Instituto del Cemento Portland Argentino).

Tipo de acero	Tipo I (AL-220)
Superficie	Lisa, libre de óxido y con tratamiento que impida la adherencia al hormigón.
Longitud	45 cm.
Diámetro	25 mm para $E \leq 20$ cm 32 mm para $20 < E \leq 25$ cm 38 mm para $E > 25$ cm
Separación	30 cm. de centro a centro 15 cm. de centro a borde
Ubicación	Paralelo al eje de calzada Mitad del espesor de losa Mitad a cada lado de la junta transversal

INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO



Fig.70: Características de la barra pasadora. (Fuente: Instituto del Cemento Portland Argentino).

Se dispondrá de una junta de dilatación de 20mm con barras pasadoras Tipo I(AL-220), de 45cm de longitud y diámetro de 32mm(espesor =0,22m). Separadas a 30cm de centro a centro y 15 cm de centro a borde.

6.11) Resumen de adopciones y recomendaciones

Como conclusión del capítulo de paquete estructural, el mismo queda constituido por:

- Sub-rasante de suelo mejorado con cal con espesor de 15cm;
- Sub-base de RDC con espesor de 15cm;
- Pavimento de hormigón H-30 con espesor de 22cm;
- Las losas cuentan con una dimensión:
 - ✚ 4m de largo y 3,m de ancho (calzada común);
 - ✚ 3m de largo y 3,m de ancho (calzada en tramo tipo avenida);
- Los pasadores de 32mm de diámetro, de 45cm de largo y separadas cada 30cm;
- Las barras de unión de 12mm de diámetro y 72 cm de largo, con sección de $1,13\text{cm}^2$ separadas entre sí cada 62cm;
- Las juntas de dilatación de 2 cm.

Para materializar el trabajo se recomienda mejorar el suelo que presenta bajo valor soporte con cal, luego proseguir con la elaboración de la capa el RDC de 15 cm , verificar que la densidad y el espesor sean adecuado. Como último realizar el pavimento de hormigón H-30 de 22cm de espesor.

6.12) Diseño geométrico

Se diseña una traza teniendo en cuenta dos factores principales, que son la configuración del terreno que debe atravesar y las modalidades y exigencias del tránsito que debe soportar. Un diseño óptimo es aquel que con un costo anual mínimo, cumple con ambos factores. Si el tránsito es reducido, el diseño del camino estará influenciado por la configuración del terreno, pero cuando el tránsito es intenso, las necesidades de los usuarios y las características del tránsito serán los factores preponderantes.

La configuración del terreno no comprende solamente las características físicas y topográficas del terreno, también del uso de las tierras y el desarrollo de la zona atravesada. Si bien todos estos factores influyen en la elección de un trazado, preponderantemente, para un tránsito dado, la topografía del terreno es la que determina el nivel de las normas de diseño geométrico. De acuerdo al relieve, se ha clasificado al terreno en tres clases:

-  Zona llana;
-  Zona ondulada;
-  Zona montañosa.

El tramo en estudio, es un tramo bajo que debe ser rellenado inclusive, sin variaciones bruscas ni obstáculos naturales. Por lo tanto entra en la clasificación de zona llana.

Esta clasificación impacta directamente en la determinación de la velocidad directriz, que se define como la velocidad máxima a la que puede circular un conductor de habilidad media con seguridad, en un vehículo en condiciones mecánicas aceptables, en una corriente de tránsito con volúmenes tan bajos para no que no influyan en la elección de su velocidad, cuando el estado del tiempo, de la calzada y la visibilidad ambiente son favorables.

Esta se obtiene con volumen de tránsito y el tipo de zona, en la **tabla 49**.

CATEGORIA DEL CAMINO	TMDA	TOPOGRAFIA	VD (Km/h)
ESPECIAL	>15000	LLANO	150
		ONDULADO	110
I	5000 A 15000	LLANO	130
		ONDULADO	110
		MONTAÑOSO	80
II	1500 A 5000	LLANO	120
		ONDULADO	100
		MONTAÑOSO	70
III	500 A 1500	LLANO	110
		ONDULADO	80
		MONTAÑOSO	60
IV	150 A 500	LLANO	100
		ONDULADO	70
		MONTAÑOSO	40
V	< 150	LLANO	90
		ONDULADO	50
		MONTAÑOSO	30

Tabla 49: Categoría de camino (fuente: DNV).

Se puede ver que la velocidad es muy superior a la permitida por lo tanto se adoptará como velocidad máxima 40km/h que es la indicada por la Municipalidad de Resistencia para calles de un solo sentido.

Además se debe tener en cuenta otros parámetros a la hora de hacer el diseño geométrico como los siguientes:

Seguridad

El camino debe ser proyectado con una seguridad básica, se debe tomar en cuenta el elemento tiempo para que el conductor tenga la posibilidad de salvar las situaciones peligrosas. Esto impone al proyectista la tarea de alargar la visibilidad delante del conductor y sobre todo evitar la introducción de repentinos e imprevistos cambios en las condiciones de conducción.

El proyectista debe estar detrás del volante durante el proceso de diseño, teniendo en la mente la velocidad de los vehículos bajo las condiciones de encandilamiento, lluvia, niebla y otras que afecten a la visibilidad o adherencia al pavimento.

Actualmente los vehículos son cada vez más seguros, pero las altas velocidades causan accidentes más serios, involucrando más vehículos, con mayores pérdidas de vidas y heridos. A alta velocidad hay menos tiempo para corregir un error de juicio.

Se debe proyectar el camino para salvaguardar al público viajero y preservar la eficiencia del tránsito. Para ello debe utilizar y combinar adecuadamente los siguientes elementos: velocidad de los vehículos, tiempo de percepción y reacción humana, espacio y tiempo, fuerzas centrífugas (curvas), alineamientos, pendientes, peraltes, sobreanchos, banquetas, taludes, fricción del pavimento, señalización vertical y horizontal, etc.

Tránsito

El tránsito es el factor principal, a mayor tránsito, mejores condiciones deben corresponder al proyecto. El consecuente mayor costo de construcción mantenimiento será compensado por el menor costo de operación de los vehículos. Como resulta obvio, la cantidad de vehículos se incrementa año tras año, lo que a su vez acelera el deterioro de la red vial. Este deterioro se debe exclusivamente al tránsito de vehículos pesados (camiones, ómnibus, equipos industriales, etc.), por lo que es necesario conocer el tipo y cantidad de vehículos que circulan por el tramo en cuestión. Este tipo de información se obtuvo a partir de censos de cobertura y clasificación (Capítulo 2).

Los volúmenes, composición, distribución, crecimiento y velocidad del tránsito, conjuntamente con la topografía, determinan diversas magnitudes del diseño geométrico de un camino, tales como radios y peraltes de curvas horizontales, parámetros de curvas verticales, pendientes, anchos de calzada, etc.

6.12.1) Descripción del trazado y geometría seleccionada

Entonces los parámetros de diseños geométricos adoptados combinando recomendaciones de las NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS de la D.N.V. son los siguientes:

-  Categoría del camino I;
-  Topografía: llanura;
-  Velocidad directriz 40 km/h;
-  Peralte máximo: 8% ;
-  Distancia de visibilidad p/ detención 35 m;
-  Pendiente longitudinal 0% (horizontal);
-  Ancho de calzada 7,50 m;
-  Ancho de veredas 4 m;
-  Ancho de veredas de hormigón 0,60 m;
-  Pendiente transversal de la calzada 2,0 %;

El trazado del pavimento a proyectar se corresponde con el trazado existente del tramo en estudio de la calle Almt. Brown, debido a que se debe remover a ocupantes ilegales de la laguna y sus alrededores.

6.12.2) Recomendaciones a tener en cuenta para el trazado de la rasante:

- ✚ Movimiento de suelos: Compensación longitudinal.
- ✚ Pendientes deseables (pendiente máxima).
- ✚ Altura de la rasante mayor a 0,50 m sobre terreno natural.
- ✚ La distancia de frenado debe ser menor que la distancia de visibilidad.
- ✚ La cota de la rasante debe estar como mínimo a un metro con ochenta centímetros de la napa freática. $H_{\text{Mín.}} = 1,80 \text{ m}$ de la N.F.
- ✚ La diferencia de altura entre el fondo de cuneta y la cota de la rasante debe ser como mínimo de un metro con veinte centímetros, $H_{\text{Mín.}} = 1,20 \text{ m}$ del fondo de cuneta
- ✚ Altura mínima de rasante con respecto a cursos de aguas: En este caso las lagunas Villa Prosperidad y la laguna Blanca, se proyecta a 1,00m de revancha como mínimo, que corresponde a la cota de máxima creciente de 20 años de recurrencia. Se adopta ese periodo de recurrencia, ya que el paquete estructural está diseñado para 20 años de vida útil.
- ✚ Puntos obligados de paso que condicionan la rasante son los cruces a nivel con el ferrocarril o caminos pavimentados. La cota de la vía en el primer caso o del pavimento en el segundo condiciona la rasante que deberá tener en la intersección la cota que los mismos poseen.
- ✚ Los fondos de cuneta (izquierdo y derecho, coincidentes o no) pueden acompañar la pendiente de la rasante en zonas llanas o suavemente onduladas en la medida que no superen la pendiente máxima admisible que varía entre el 1,5% y el 2,5% según el tipo de suelo, es decir si se trata de un suelo muy erosionable o no. En el caso de una rasante horizontal ($i = 0\%$) la cuneta debe tener una pendiente longitudinal mínima del 0,2%. Por otra parte la solera de la cuneta debe tener un ancho mínimo de 2,50 m. Para permitir el ingreso del equipo de mantenimiento (pala de arrastre o cortadora de pasto). La sección final de la cuneta será función de las necesidades de suelo del proyectista.

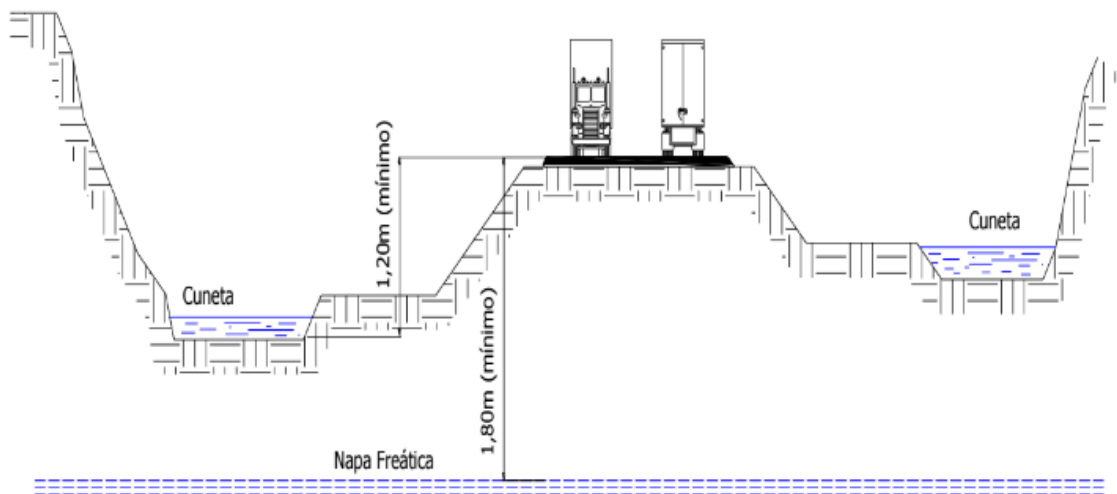


Fig.71: Alturas mínimas de la rasante (fuente: Normas de diseño geométrico de la DNV)..

6.12.3) Definición de curvas horizontales

Las curvas horizontales vinculan los alineamientos rectos de distintas direcciones, cuya traza en el plano horizontal, determina una curva. Generalmente son segmentos de círculo que tienen radios que proveen un flujo continuo del tránsito a lo largo de la curva y su función, mediante adecuados radios, fricción transversal y peralte, es absorber los esfuerzos generados por la fuerza centrífuga.

Para balancear esta fuerza, el camino tiene una sobre elevación hacia el centro de la curva, conocido como peralte. Este es restringido por razones de orden práctico. Un peralte exagerado puede provocar el deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva cuando el mismo circula a baja velocidad, dado que la fuerza centrífuga es despreciable; la fricción se opone a este deslizamiento cuando la cual no alcanza valores superiores a un cierto límite que depende del estado de las superficies.

Para el cálculo de la curva horizontal se toma el radio de curvatura necesario para el vehículo tipo de proyecto adoptado.

6.12.4) Definición de vehículo tipo de proyecto

Las características físicas de los vehículos y las proporciones de los diversos tamaños de vehículos que circulan en un camino son controles positivos del diseño, y definen varios elementos del diseño geométrico como ser: intersecciones, anchos de calzada, anchos de carriles auxiliares y configuraciones de accesos. Es necesario identificar todos los tipos de vehículos que probablemente usen el camino, establecer agrupamientos de clases generales, y seleccionar hipotéticos vehículos de diseño representativos en cada clase de diseño.

En general, los ómnibus y vehículos pesados deben usarse como vehículo de diseño para los elementos de la sección transversal. El auto es el vehículo de diseño de los alineamientos horizontal y vertical. En el proyecto se adopta como vehículo representativo de diseño al Camión de unidad simple (SU) según la clasificación extraída de AASHTO (2004) con las siguientes dimensiones en metros:

-  Altura: 4,1m;
-  Ancho: 2,4 m;
-  Longitud: 9,2 m.

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. El radio mínimo de giro y las longitudes de transición mostradas en la figura 72 y tabla 50, corresponden a giros realizados a 15 km/h de velocidad.

Tipo de vehículo de diseño	Símbolo	Radio mínimo de giro de diseño m	Radio mínimo interior m
Vehículo de pasajeros	P	7,3	4,2
Camión de unidad simple	SU	12,8	8,5
Omnibus urbano	CITY-BUS	11,6	7,4
Ómnibus interurbano	BUS-14	12,8	7,8

Tabla 50: Mínimos radios de giro para vehículos tipo.

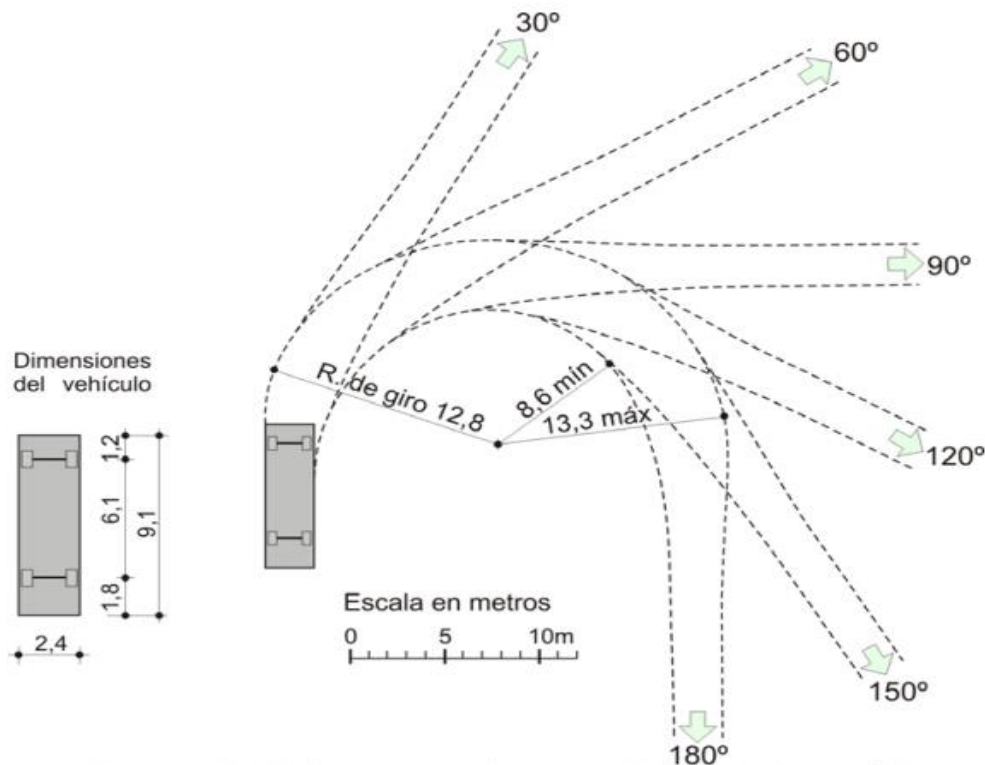


Fig.72: Mínima trayectoria para vehículo de diseño SU (fuente: Normas de diseño geométrico de la DNV).

Se adopta un radio de giro de 11,00 m en las isletas encauzadoras porque se prevé que el tráfico de vehículos de carga sea mínimo y las velocidades de giro sean bajas.

6.12.5) Consideración sobre pendientes

El diseño geométrico de carreteras se trabaja con la pendiente longitudinal y la pendiente transversal, optimizando los materiales para que estas no sean un factor de incomodidad para el usuario si puede ser evitado.

Pendiente longitudinal:

Generalmente la influencia de la pendiente longitudinal es mucho más intensa en la velocidad de los camiones que en la velocidad de los vehículos. Por esta causa las pendientes se fijan en función de las características y proporción de camiones en el flujo vehicular, teniendo en cuenta los siguientes preceptos:

- ✚ En pendientes de hasta 3% los automóviles no resultan afectados y la operación de los camiones lo es solamente en largas pendientes.
- ✚ En pendientes de 5% los automóviles no tienen dificultad de operar eficientemente, pero los camiones pueden presentar considerables dificultades.
- ✚ Los costos operativos y de mantenimiento aumentan con el valor de la pendiente.
- ✚ Se deberá tratar siempre de utilizar pendientes menores a las máximas.

Se trabajará en el proyecto una pendiente máxima de 5% para generar un escurrimiento eficaz del agua.

Secciones transversales

El perfil transversal, es la sección del camino perpendicular al eje longitudinal, donde se identifican las características de la obra básica y del pavimento. Estas, son condiciones que por lo general se mantendrán uniformes a lo largo del camino y que en el caso de variar lo hacen gradualmente.

La calle proyectada, está compuesta por una calzada de 8 m de ancho compuesta por dos carriles con cordón de cada lado y una vereda de hormigón acompañando las banquetas de 0,60 m de ancho a un lado y al otro lado una vereda de 4 a 6 m. Por otro lado se proyecta una calle con doble sentido con cantero central de 1,2m y cada calzada de 6 m, con el mismo diseño de vereda que el anteriormente nombrado.

Para el diseño de la calzada, se adopta una pendiente transversal del 2%, la cual se encuentra entre valores típicos de pendiente transversal de calzada para zonas lluviosas y superficies de pavimento rígido.

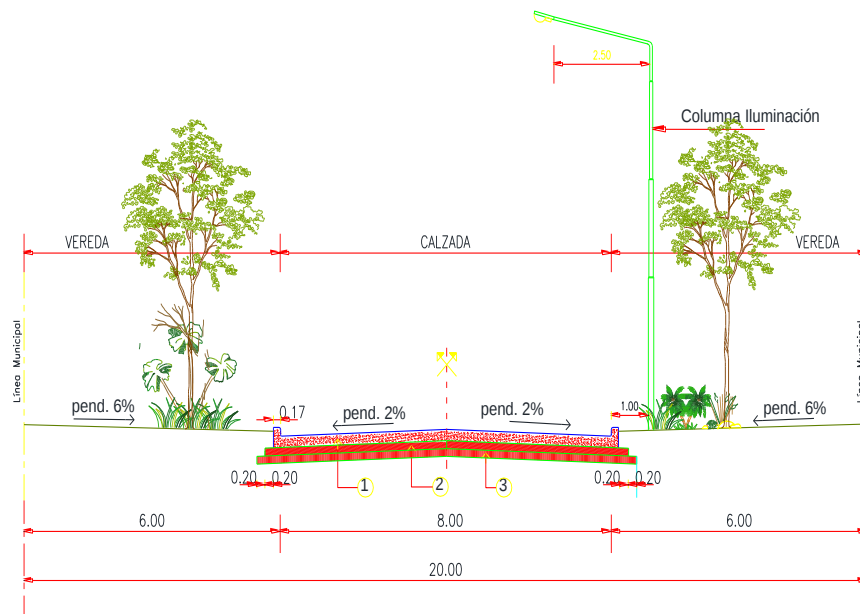


Fig. 73: Perfil tipo calzada 8 m (fuente: elaboración propia).

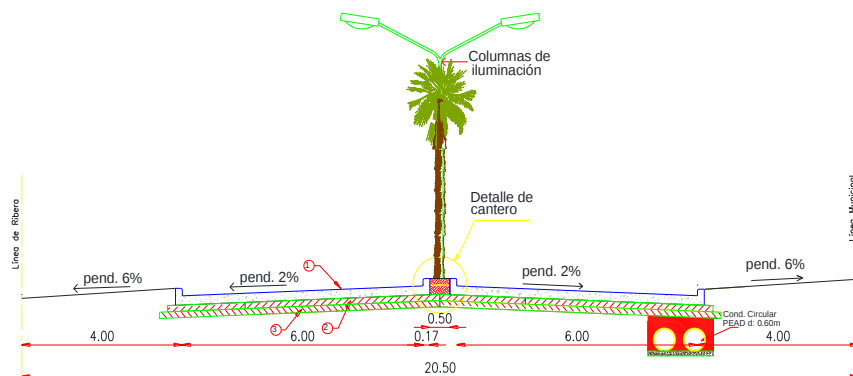


Fig. 74: Perfil tipo calzada 12 m tipo avenida (fuente: elaboración propia).

6.12.6) Consideración sobre calzada

La forma, dimensiones y estado de la calzada, junto con la curvatura horizontal y las pendientes del alineamiento vertical, son las características geométricas que mayor influencia tienen sobre la seguridad y confort del tránsito.

El perfil de la calzada tendrá una pendiente para evacuar el agua de lluvia y facilitar su limpieza.

Constituida de dos trochas, se adoptará un perfil en diedro (a dos aguas) con pendiente uniforme en cada semiancho y una arista en la parte central que es conveniente redondear con un arco de curva para suavizar su cruce en las maniobras de sobrepaso.

6.12.7) Consideración sobre ancho de calzada

La determinación del ancho de trocha, y por ende de la calzada, no es un concepto evidente ni la consecuencia directa de la aplicación de un principio de la dinámica, sino el resultado de la observación del comportamiento de los conductores de los camiones, cuando se cruzan con vehículos similares de sentido opuesto, en caminos de dos trochas.

A primera vista parecería que aumentando el ancho de trocha se reducen las restricciones en los movimientos de los vehículos que se cruzan o sobrepasan, y las posibilidades de potenciales accidentes. Esto es así hasta un determinado valor del ancho de trocha a partir del cual aparece la inconveniente posibilidad de que los vehículos pequeños marchen en doble fila en una trocha congestionada. Los estudios han concluido que debería preferirse un ancho de trocha de 8m para tránsito comercial y mixto en un sentido, y de 6 m para el tramo tipo avenida.

6.12.8) Consideración sobre iluminación

La distribución de las columnas será unilateral sobre el lado sur o sobre el cantero central, dependiendo del tramo,. Las columnas utilizadas son de 9 metros de altura libre y con brazo de 1,5 metros. Se ubicarán en forma paralela al cordón, a una distancia de un metro del mismo o en el centro del cantero central. Los artefactos serán Luminarias LED.

La canalización subterránea se llevará a cabo en zanjas de 0,60 m de profundidad por 0,30 m de ancho, apoyada sobre cama de arena de 0,10m de espesor, protegida por una capa de ladrillos completando el relleno con suelo compactado.

6.12.9) Consideración sobre señalización Horizontal:

Comprende la aplicación de una capa de pintura termoplástica reflexiva sobre la superficie del pavimento, con el fin de demarcar señales para el cruce de peatones, líneas de pare, y separadores de carriles.

-  Senda peatonal: Las sendas peatonales se demarcarán por el cebrado, realizado con bastones de 0,50 m de ancho por 3,00 m de largo.
-  Línea de detención (línea de pare): será pintada de 0,50 m de ancho por todo el ancho de la calzada, y a 1,50 m antes de la senda peatonal.
-  Líneas separadoras de carriles: Será una doble línea de trazo continuo, de color amarillo vial, divisorio de las corrientes de tránsito de sentido contrario. El ancho de las mismas será de 0.10 m y de igual separación.

6.13) Conclusión

Calculado el paquete estructural y adoptadas las características geométricas del camino en función de la velocidad y el tránsito, se ejecuta el plano general.

Puede encontrarse deficiencias en la señalización e iluminación debido al nivel de estudio que se le otorgó al proyecto. El grupo opina que la señalización tanto horizontal como vertical y la iluminación debe ser parte de un plan director que se implemente en toda la ciudad de Resistencia.

También puede haber un cierto grado de error en las mediciones, esto en una etapa más avanzada se corrige para así realizar un cómputo exacto.

Capítulo 7

Evaluación económica

Síntesis:

Se analizará la factibilidad económica una vez determinada la factibilidad técnica, con la ayuda de indicadores se evaluará el costo empresarial y social de la obra, contra los beneficios que esta traerá.

7.1) Generalidades

Al idear soluciones para diferentes problemas estas deben ser puestas a prueba a nivel financiero, se debe poder obtener un ahorro o una ganancia a nivel monetario y/o social. Con la ayuda de los parámetros financieros VAN, TIR y relación beneficio-costos se realiza este análisis, ellos indicarán si el proyecto será viable desde el punto de vista económico.

7.2) Cómputo y presupuesto

Esta etapa consiste en disgregar las tareas y materiales, valorarlos según su unidad de medida, junto con su traslado, ejecución y/o colocación. Tabla 51.

Para esto será necesario hacer un estudio de mercado en la zona, buscando precios de la mano de obra, maquinaria, materiales y transporte. Los precios de la mano de obra serán los estipulados por la UOCRA según el convenio 76/75 vigentes a partir del mes de Abril del 2017 y los valores de maquinarias, traslado y materiales los obtenidos en Noviembre del 2017. Se adjuntan las planillas correspondientes al cómputo en el anexo.

PRESUPUESTO COSTO - VENTA							
ITEMS	DESIGNACIÓN	UN	CANTIDAD	PRECIOS		TOTAL	%
				Unitario	Subtotal		
1	TRABAJOS PRELIMINARES					\$ 309.200,00	0,560328
1	Limpieza y replanteo	m2	30.000	\$ 7,00	\$ 210.000,00		
2	Obrador	m2	24	\$ 3.750,00	\$ 90.000,00		
3	Cartel de obra	Un	1	\$ 9.200,00	\$ 9.200,00		
2	EXPROPIACIÓN DE TERRENOS					\$ 17.960.000,00	32,55
1	Terrenos	m2	3.000	\$ 5.800,00	\$ 17.400.000,00		
2	Viviendas para habitantes expropiados	Un	7	\$ 80.000,00	\$ 560.000,00		
3	MOVIMIENTO DE SUELOS					\$ 647.000,00	1,17
1	Excavación y retiro de suelo	m3	4.500	\$ 130,00	\$ 585.000,00		
2	Relleno de suelo	m3	400	\$ 155,00	\$ 62.000,00		
4	PAQUETE ESTRUCTURAL					\$ 27.487.800,00	49,81
1	Suelo cal	m3	1.980	\$ 950,00	\$ 1.881.000,00		
2	RDC	m3	1.980	\$ 2.650,00	\$ 5.247.000,00		
3	Carpeta de rodamiento de HºAº H -30	m3	2.904	\$ 6.825,00	\$ 19.819.800,00		
4	Banquina de HºAº H -30 de 1 m	m3	80	\$ 6.750,00	\$ 540.000,00		
5	OBRAS DE ARTE					\$ 2.251.698,00	4,08
1	Cordones	ml	3600	\$ 510,00	\$ 1.836.000,00		
2	Desagües pluviales	ml	1170	\$ 150,00	\$ 175.500,00		
3	Excavación para montaje	m3	1802	\$ 110,00	\$ 198.198,00		
4	Imbornales metálicos	Un	14	\$ 3.000,00	\$ 42.000,00		
7	CARTELERÍA Y SEÑALIZACIÓN					\$ 5.020.552,00	9,10
1	Iluminación	Un	300	\$ 15.250,00	\$ 4.575.000,00		
2	Señalización horizontal	m²	62	\$ 2.000,00	\$ 124.000,00		
3	Señalización vertical	m²	55	\$ 5.800,00	\$ 319.552,00		
8	SEMAFORIZACIÓN					\$ 1.505.700,00	2,73
1	Semáforo inteligente	Un	32	\$ 27.800,00	\$ 875.700,00		
1	Dispositivo de control de velocidad y pase en rojo	Un	32	\$ 20.000,00	\$ 630.000,00		
						\$ 55.181.950,00	100,00

Tabla 51: Cómputo y presupuesto de la obra (fuente: Elaboración propia).

Dicho costo de construcción debe llevarse a costo social, el cual de acuerdo con recomendaciones de la DNV es igual a un 70% del presupuesto de obra.

✚ Costo social de la construcción = $0,70 * \text{PRECIO DE OBRA}$

✚ Costo social de la construcción = $0,70 * \$ 55.181.950,00$

✚ **Costo social de la construcción = \$ 38.627.365,00**

7.3) Evaluación económica

Se deben comparar los costos y los beneficios del proyecto desde el punto de vista financiero, cuantificándose la contribución neta del proyecto a la generación de recursos que aportan bienestar o utilidad, para compararlo con otras inversiones posibles. Este tipo de evaluación se la denomina evaluación social y es una extensión de la evaluación económica, ya que examina también el proyecto desde el punto de vista nacional.

No solo se evalúa la contribución de la obra al bienestar económico, sino también a los objetivos de política social de redistribución de ingresos y riquezas. Por lo tanto en una evaluación social se debe ponderar de manera diferente los beneficios y costos que el proyecto genera en las diferentes clases sociales. Para esto los coeficientes de ponderación deben definirse objetivamente para poder asignar inversiones de acuerdo a intereses políticos, los economistas sugieren utilizar la evaluación económica como pauta que guíe al gobierno en la toma de decisiones frente a los proyectos propuestos en el país. Esta modalidad la ocupan con buenos resultados en la república de Chile.

7.3.1) Objetivos

Se debe identificar una metodología adecuada para cuantificar los beneficios que generará la obra a realizar y los costos de la misma, en este caso se trabajara bajo regulación del estado. Esto implica que la comparación entre beneficio y costo se realizará a precios sociales.

El proyecto “Optimización del tránsito sobre av. 9 de Julio y desarrollo de vías alternativas” será evaluado a nivel económico desde el punto de vista social, se prevé que beneficie a la sociedad revalorizando las tierras, evitando accidentes, disminuyendo tiempo y costo de traslado y por ende reduciendo la emisión de gases contaminantes de los vehículos.

Deben estipularse los beneficios y costos que se tendrán durante la vida útil de la obra, esto sería un horizonte de evaluación de 20 años. Determinados los beneficios y costos sociales, se realizará el flujo de fondos social y se calculará los indicadores de rentabilidad económicos:

- ✚ Valor Actual Neto (VAN)
- ✚ Tasa Interna de Retorno (TIR)
- ✚ Relación beneficio/costo

7.3.2) Clasificación de beneficios económicos

Se pueden diferenciar 2 tipos de beneficios:

Beneficios directos

Son aquellos que reciben el mayor efecto de la transformación ocasionada por el proyecto:

- ✚ Descongestión de la Av. 9 de Julio y próximas a la zona, con disminución del costo generalizado de viaje y menor generación de gases contaminantes;
- ✚ Disminución de la tasa de accidentes;
- ✚ Terrenos próximos a la zona de proyecto tendrán acceso a pavimento;
- ✚ Delimitación de lagunas.

Beneficios indirectos

Se perciben en la zona que recibe los beneficios de las obras propuestas en forma indirecta, por su proximidad a la misma:

-  Aumento del precio de los terrenos cercanos a la zona de proyecto;
-  Valor residual de la obra luego del período de evaluación;
-  Disminución de la inseguridad;
-  Menores gastos en Salud debido a accidentes y contaminación;
-  Ingresos generados por las multas a los infractores y/o educación de la población;
-  Menor impacto ante inundaciones, por la conservación de las lagunas.

Beneficios intangibles

Son aquellos que presentan dificultad de ser valorados monetariamente. Al ser analizados se deben demostrar en qué consisten, ya que se producen como consecuencia del proyecto y se debe cuantificar diversos aspectos de los mismos, aunque no se llegue a valorarlos en forma monetaria, esto ayuda a la hora de decidir la ejecución del proyecto, entre los mismos se encuentran;

-  Seguridad al conducir;
-  Evitar el estrés de frenar repetidas veces al manejar;
-  Mejoras visuales y sanitarias.

7.4) Análisis de metodologías de evaluación.

Al existir varios métodos para determinar beneficios y costos sociales dependiendo del proyecto de ingeniería que se trate, es necesario analizar cada metodología propuesta y determinar cuál será utilizada. La principal diferencia entre ellas es la manera de estudiar la demanda y la oferta, también se diferencian en la cuantificación de beneficios privados y sociales.

7.4.1) Beneficios sociales por el método de los valores hedónicos

La metodología propone determinar el aumento de precio en inmuebles que ocasiona la mejora. La suma de estos valores se toma como un Beneficio del Proyecto, debido a que en el valor de una vivienda influye el entorno que la rodea. Se busca determinar la diferencia entre los precios de los terrenos en zonas con pavimento rígido próximo al mismo, con las mismas características y compararlos con otros de calle de tierra, con problemáticas de basurales y asentamientos próximos.

Se utilizará como fuente los precios de Danilo Marcón Negocios Inmobiliarios, y se comparará el área en estudio con un área similar donde se encuentre pavimentada la calle de los terrenos frentistas. El resultado del análisis permite estimar que se incrementara en un 30% el valor del terreno de frentista y el valor 10% de las propiedades próximas a la obra planteada.

Según tabla 2 del Capítulo 1 el precio promedio por m^2 de una propiedad ronda los 4.000 \$ en la ciudad de Resistencia, por lo tanto según el análisis anteriormente nombrado, se puede decir que el valor del m^2 para un terreno frentista en la situación con proyecto es de 5.200 \$/ m^2 y el de una propiedad próxima a la obra será de 4.400 \$/ m^2

El área beneficiada puede verse en la figura 75, se medirá el área y se obtendrá el beneficio total del proyecto ocupando nuevamente los porcentajes ya nombrados.



Fig. 75: Terrenos influenciados por la obra (fuente: Elaboración propia).

Beneficio Social frentistas= $(5.200 \text{ \$} / \text{m}^2 - 4.000 \text{ \$} / \text{m}^2) * 58.000 \text{ m}^2 = \$ 69.600.000,00$
 Beneficio Social terrenos cercanos= $(4.400 \text{ \$} / \text{m}^2 - 4.000 \text{ \$} / \text{m}^2) * 530.000 \text{ m}^2 = \$ 212.000.000,00$

Beneficio Social Total= \$281.600.000,00

7.4.2) Beneficios sociales por valor residual de activos

Transcurrido el ciclo de vida útil de la obra, si se ha llevado a cabo el mantenimiento y actualización adecuada, se considera que para el año 2040 es altamente probable que el funcionamiento del proyecto siga teniendo un valor económico. Se considera que la obra en 20 años tendrá un valor residual del 35% del presupuesto, lo que arroja:

Beneficios sociales por valor residual de activos= $0,35 \times \$55.181.950 = \$19.313.682,50$

7.4.3) Beneficios sociales por valoración contingente

Otra forma de medir el valor de la obra para la sociedad, es aplicar el método de la valoración contingente, esta consiste en preguntarles a los beneficiarios del servicio cuánto es el máximo valor que está dispuesto a pagar por el mismo.

Los resultados de una encuesta tienen sus propias limitaciones y dificultades de aplicación, sobre todo en lo que respecta a servicios que no se transan en el mercado.

Los entrevistados suelen manifestar una disposición más bien a recibir que a pagar por beneficios colectivos, que es lo que sucede en este caso, la mayor parte de la población no posee un criterio para realizar una valoración del beneficio. Estas asumen que el gobierno debe proveer todos los servicios sin exigir un pago alguno.

Se podría llegar a trabajar con el valor que la población le da a su tiempo, y con el estimar el valor que le daría al proyecto, debido a la cantidad de tiempo que el individuo dejará de ocupar en transportarse. Esta no es la forma exacta en la que trabaja este método, pero podría ser aplicada.

Otro inconveniente es que la encuesta debe realizarse al menos al 5% de la población para que la misma sea representativa, y se estimó que las población beneficiadas por el anteproyecto es alrededor del 8 % del total de la ciudad, dada estas limitaciones de recursos no será aplicada en este anteproyecto. Se prevé que el costo de la obra esté muy por debajo de lo que cada persona beneficiada esté dispuesta a pagar, ya que si se divide el monto total de la obra sobre la cantidad de personas que se espera se vean beneficiadas, la cantidad de aporte de cada habitante será ínfimo. Esto podría verificarse al terminar la evaluación.

7.4.4) Beneficios sociales por disminución del costo de operación

Este aporte que se realizará a la comunidad es quizás el más importante, porque generaría un descongestionamiento de la av. 9 de Julio, disminución del tiempo de los usuarios lo cual bajaría el costo generalizado de viaje, un aumento en la seguridad vial y una disminución en gastos y demoras por accidentes.

Para el análisis de los costos de operación se utiliza el informe COSTOP realizado por la DNV para octubre del 2016, afectando dichos valores por la suba del dólar, el aumento de la inflación en el último año y los porcentajes de variación interanual dados por la DNV

Se calcula los costos de operación del usuario en función de precios de insumos a valores de mercado y los costos de operación de la comunidad se obtienen corrigiendo estos precios a valores económicos, de manera de representar a los mismos libres de la carga impositiva; o sea, sin considerar los subsidios, impuestos y transferencias .Tabla 52.

Por lo tanto se analiza el costo generalizado de viaje o costo de operación de los vehículos para la situación actual (sin mejora) y para la situación con el proyecto en funcionamiento (con mejora), para ello se suponen distintas velocidades promedio de viaje a lo largo de la traza del proyecto .Tabla 53 y 54.

PRECIOS	COMBUSTIBLE	COSTO (\$/litro)	AUMENTO DEL DÓLAR		
	NAFTA PREMIUM	25	14		
	NAFTA SUPER	21,5	AUMENTO DE LA INFLACIÓN		
	DIESSEL	22,5	21		
	LUBRICANTE	235	VARIACIÓN INTERANUAL COSTOP (2015-2016)		
			21		%

VALORES	TIPO DE VEHÍCULO	AUTOMÓVIL	ÓMNIBUS	CAMIÓN
	VALOR DEL 0 km (\$)	239.000	3.435.000	1.450.000
	POTENCIA (HP)	93	355	296
	NEUMÁTICOS (\$)	2.800	10.960	10.960
	CANTIDAD DE NEUMATICOS	4	8	10
	LAVADO (\$)	200	575	535
	FRECUENCIA DE LAVADO (kcm)	6.000	2.450	4.850
	ENGRASE (\$)		290	285
	FRECUENCIA DE ENGRASE (kcm)		2.420	2.420
	SEGURO ANUAL (\$)	22.400	135.750	58.350
	IMPUESTOS Y PATENTES ANUALES (\$)	21.800	87.500	57.100
	MANTENIMIENTO (\$/h)	155	152	152
	CONDUCTOR (MOTIVO DE TRABAJO)	162,7	0	0
	CONDUCTOR (OTROS MOTIVOS)	48,9	0	0
	PASAJERO (MOTIVO DE TRABAJO)	77,8	95	0
	PASAJERO (OTROS MOTIVOS)	23,4	28,5	0
	SALARIO CHOFER (\$/mes)		68.000	70.300
SALARIOS	INCREMENTOS CARGAS SOCIALES (%)			1
	VIÁTICOS (\$/h)		92	0
	BONIFICACIÓN (\$/kcm)		0	1,9

Tabla 52: Costos generales de los vehículos (fuente: COSTOP)



Costos de operación de los vehículos sin proyecto

TIPO DE VEHÍCULO		AUTOMÓVIL	ÓMNIBUS	CAMIÓN
VELOCIDAD MEDIA DE VIAJE (km/h)		40	35	30
RECORRIDO (km/año)		18.000	86.750	40.000
COSTO OPERATIVO DEL VEHÍCULO (\$/km)	COMBUSTIBLE	1,02	3,78	5,77
	LUBRICANTES	0,22	1,37	1,77
	CUBIERTAS	0,15	0,65	1,79
	LAVADO	0,04	0,29	0,13
	ENGRASE	0	0,15	0,15
	MANTENIMIENTO	0,24	2,02	1,04
	AMORTIZACIÓN	0,86	4,08	1,85
	BONIFICACION	0	5,24	2,96
	INTERESES	0,75	2,93	2,53
	SALARIOS	0	18,98	34,03
	SEGUROS	2,46	1,56	1,46
	GASTOS GENERALES	0	4,92	6,43
	COSTO VEHÍCULO RECORRIDO	2,23	17,58	15,46
	COSTO VEHÍCULO TIEMPO	4,77	28,41	44,44
	COSTO PASAJERO TIEMPO	6,78	71,01	0
COSTO TOTAL		13,77	117,01	59,91

Tabla 53: Costo generalizado de viaje previo a la mejora (fuente: COSTOP).

Costos de operación de los vehículos con proyecto

TIPO DE VEHÍCULO		AUTOMÓVIL	ÓMNIBUS	CAMIÓN
VELOCIDAD MEDIA DE VIAJE (km/h)		50	45	40
RECORRIDO (km/año)		21.000	97.250	45.000
COSTO OPERATIVO DEL VEHÍCULO (\$/km)	COMBUSTIBLE	0,98	3,38	5,32
	LUBRICANTES	0,18	1,2	1,56
	CUBIERTAS	0,17	0,76	2,17
	LAVADO	0,04	0,29	0,13
	ENGRASE	0	0,15	0,15
	MANTENIMIENTO	0,27	2,24	1,15
	AMORTIZACIÓN	0,74	3,64	1,65
	BONIFICACION	0	4,08	2,96
	INTERESES	0,64	2,61	2,25
	SALARIOS	0	16,94	30,25
	SEGUROS	2,11	1,39	1,29
	GASTOS GENERALES	0	4,39	5,87
	COSTO VEHÍCULO RECORRIDO	2,14	15,72	15,09
	COSTO VEHÍCULO TIEMPO	4,09	25,36	39,66
	COSTO PASAJERO TIEMPO	4,94	55,24	0
COSTO TOTAL		11,17	96,32	54,75

Tabla 54: Costo generalizado de viaje con la mejora (fuente: COSTOP).



Se realiza el cálculo de beneficios de cada mejora vial durante un período anual, esto se obtendrá multiplicando los beneficios unitarios recibidos por cada vehículo usuario, por el número de usuarios durante el año.

Aplicando estos valores a la composición del TMDA actual y a su proyección en el período de evaluación, se obtienen por diferencia los Beneficios.

Costo de operación anual

$$C.Op = L \text{ (km)} * D \text{ (días/ año)} * TMDA \text{ (veh/ días)} * C \text{ (\$/ veh.km)}$$

En dónde:

-  L: longitud del tramo que se analiza.
-  D: días por año que funciona la alternativa.
-  C: costo unitario combinado de operación y tiempo por vehículo.

Costo de operación de la situación sin mejora

$$C1 = 3 \text{ km} * 365 \text{ días/año} * 18.200 \text{ veh/día} * (0,95*13,77 + 0,05*59,91) \text{ \$/km} = 320.398.533,00 \text{ \$/año}$$

Costo de operación de la situación con mejora

$$C2 = 3 \text{ km} * 365 \text{ días/año} * 18.200 \text{ veh/día} * (0,95*11,17 + 0,05*54,75) \text{ \$/km} = 266.032.221,00 \text{ \$/año}$$

Diferenciando los costos de operación con y sin obra, se obtiene que este disminuye en 54.366.312,00\$ al año para un tramo de 3km, con un TMDA de 18.200 vehículos y un tránsito del 5% del TMDA de vehículos semi-pesados. En porcentaje, esto sería una disminución del costo de operación que se transmite a cada usuario de 17%.

Beneficio social por disminución del costo de operación= 54.366.312,00\$

7.5) Costo social de mantenimiento

Deben realizarse tareas de mantenimiento para que la obra funcione correctamente durante su vida útil, según recomendaciones de la cátedra “Economía y Evaluación de Proyectos” un valor adecuado del costo social de mantenimiento es 5% del monto total de la obra. Por lo tanto se considera:

Costo social de mantenimiento igual a \$55.181.950,00 x 0,05 = **\$2.759.097,50**

7.6) Cálculo de indicadores de rentabilidad

7.6.1) Valor actual neto (VAN)

El Van (Valor actual neto) es la suma actual equivalente a los ingresos netos futuros y presentes de un proyecto, para su determinación se necesita trasladar los valores futuros al presente para poder generar igualdad de comparación, se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$V_p = V_f / (1 + i)^n$$

Dónde:

- ✚ **V_p**: valor presente, expresado en \$;
- ✚ **V_f**: valor futuro, expresado en \$;
- ✚ **I**: tasa de descuento expresada en decimales (12 % Utilizada generalmente para evaluación de proyectos en el país);
- ✚ **n**: horizonte de evaluación = 20 años.

Este indicador muestra cuánto dinero de ganancia extra se genera con el proyecto, comparado con la mejor alternativa de inversión disponible, expresado a valores actuales.

Pueden presentarse diferentes situaciones, como las siguientes:

- ✚ VAN igual a cero= da igual invertir en el proyecto que en la otra alternativa;
- ✚ VAN negativo= conviene realizar la inversión alternativa;
- ✚ VAN positivo= es conveniente realizar la inversión.

Se procede a calcular el VAN social para el proyecto en estudio:

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{BN_t}{(1+i)^t}$$

Dónde:

- ✚ **BN_t**= B_t- C_t
- ✚ **BN_t**: Beneficios netos del año t;
- ✚ **B_t**: Beneficio Social Bruto en el año t;
- ✚ **C_t**: Costo social bruto en el año t;
- ✚ **t**: año 1,2,3,...,T.

En este proyecto se realizó las siguientes consideraciones:

- ✚ Costo Social de Inversión inicial en las obras;
- ✚ Beneficios Sociales (anuales) durante la vida útil del anteproyecto;
- ✚ Costos Sociales (anuales) de mantenimiento;
- ✚ Valor residual de la obra al cabo del horizonte de evaluación (suponiendo depreciación lineal).

7.6.2) Tasa interna de retorno (TIR)

Este indicador muestra a qué tasa de $\dot{VAN}$ del proyecto se hace igual a cero, osea, indica la tasa de interés de oportunidad para la cual el proyecto será apenas aceptable. Si la TIR es mayor que la tasa de oportunidad significa que el retorno del proyecto alcanza a compensar el costo de oportunidad del dinero y además genera un rendimiento adicional, considerándose evidentemente al proyecto como una inversión rentable.

Para obtener la TIR se calcula el $\dot{VAN}$ con diferentes valores de tasa “d” para ver en el momento que éste se hace negativo y aplicar la fórmula propuesta por la cátedra de “Economía y Evaluación de Proyectos”.

El $\dot{VAN}$ y la TIR pueden verse en la tabla 55:

AÑO	n	$(1+i)^n$	COSTOS SOCIALES		BENEFICIOS SOCIALES	BENEFICIO NETO
			INVERSIÓN	MANTENIMIENTO	DISMINUCIÓN DEL COSTO GENERALIZADO DE VIAJE	
2020	0	1,0	\$ -38.627.365,00			\$ -38.627.365,00
2021	1	1,1		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2022	2	1,3		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2023	3	1,4		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2024	4	1,6		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2025	5	1,8		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2026	6	2,0		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2027	7	2,2		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2028	8	2,5		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2029	9	2,8		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2030	10	3,1		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2031	11	3,5		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2032	12	3,9		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2033	13	4,4		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2034	14	4,9		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2035	15	5,5		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2036	16	6,1		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2037	17	6,9		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2038	18	7,7		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2039	19	8,6		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
2040	20	9,6		\$ -2.759.097,50	\$ 54.366.312,00	\$ 51.607.214,50
					VAN	\$ 346.849.814,32
					TIR	134%

Tabla 55: Resumen de la evaluación económica (fuente: elaboración propia).

7.6.3) Relación Beneficio Costo (RBC)

Expresa la relación entre los beneficio actualizados (ver tabla x) y los egresos actualizados, es decir, indica cuántos pesos a valor presente se obtendrán por cada peso de costo aportado al proyecto.

El beneficio actualizado se obtiene de la siguiente fórmula:

$$Bi = \sum \frac{Bn - Mn}{(1 + d)^{a+c+i}} * (1 + r)^i$$

- ✚ a: tiempo de duración de la etapa de estudio, proyecto y licitación = 2 años
- ✚ n: vida útil = 20 años
- ✚ d: tasa de descuento = 12 %
- ✚ r: tasa de aumento del tránsito por crecimiento vegetativo = 4 %
- ✚ c: tiempo de construcción = 3 años

AÑO	i	(1+r) ⁱ	(1+d) ^(a+c+i)	BENEFICIO ACTUALIZADO
2017	0	1,00	1,76	
2018	1	1,04	1,97	\$ 27.060.924,68
2019	2	1,07	2,21	\$ 25.007.193,79
2020	3	1,11	2,48	\$ 23.109.326,40
2021	4	1,15	2,77	\$ 21.355.493,59
2022	5	1,19	3,11	\$ 19.734.764,17
2023	6	1,23	3,48	\$ 18.237.036,53
2024	7	1,27	3,90	\$ 16.852.975,72
2025	8	1,32	4,36	\$ 15.573.955,24
2026	9	1,36	4,89	\$ 14.392.003,28
2027	10	1,41	5,47	\$ 13.299.753,03
2028	11	1,46	6,13	\$ 12.290.396,78
2029	12	1,51	6,87	\$ 11.357.643,45
2030	13	1,56	7,69	\$ 10.495.679,44
2031	14	1,62	8,61	\$ 9.699.132,34
2032	15	1,68	9,65	\$ 8.963.037,47
2033	16	1,73	10,80	\$ 8.282.806,95
2034	17	1,79	12,10	\$ 7.654.201,07
2035	18	1,86	13,55	\$ 7.073.301,88
2036	19	1,92	15,18	\$ 6.536.488,79
2037	20	1,99	17,00	\$ 6.040.415,98
				\$ 283.016.530,57

Tabla 56: Beneficios actualizados (fuente: elaboración propia).

$$\left(\frac{B}{C} \right)_{12\%} = \frac{\$ 283.016.530,57}{\$ 38.627.365,00} = 7,32 > 1,00 \text{ Buenas Condiciones.}$$

7.7) Conclusiones

Se concluye la evaluación financiera afirmando que el VAN es mayor a 0 por lo tanto el proyecto es rentable desde el punto de vista social. La tasa interna de retorno TIR es mayor que la tasa de interés del proyecto, pero es un valor casi incoherente, porque los beneficios son instantáneos.

Por lo tanto, se debe determinar el momento óptimo de realización del proyecto, el cual es aquel año donde por primera vez el beneficio neto anual (BNA) del proyecto es superior al monto de inversión (I) multiplicado por la tasa social de descuento, ya que la inversión estaría rindiendo una tasa superior a la tasa social de descuento.

Como último, la relación beneficio costo arroja un valor > 1 , por ende esto indica que por cada \$1 invertido en el proyecto se recuperarán \$7,32.

No se utilizó para el análisis el incremento del valor de la vivienda, ya que genera errores en dichos métodos que no se pueden subsanar.

Capítulo 8

Bibliografía

- **A.A.S.H.T.O. 1994.** Diseño Geométrico de Carreteras y Calles.
- **A.A.S.H.T.O. 1993.** Pavimentos Rígidos.
- **A.S.S.H.T.O. 1979.** Tiempo de recurrencia para diseño de obras viales.
- **Das, B. M. (2001).** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. México: Thomsom Learning.
- **Dirección Nacional de Vialidad (DNV).** Gráficos hidráulicos para el diseño de alcantarillas. Ruhle 1966.
- **Dirección Nacional de Vialidad (DNV).** Pliego de Especificaciones Técnicas Generales – 1998.
- **Dirección Nacional de Vialidad (DNV).** Pliego General de la Dirección Nacional de Vialidad – 1998.
- **Dirección Nacional de Vialidad (DNV).** Normas de diseño geométrico de caminos rurales. Argentina, 1985.
- **Highway Capacity Manual 2010.** Semaforización.
- **Ing. Francisco J. Sierra.** Trazado y diseño geométrico de caminos rurales – 1986.
- **Ing. Ruhle.** Normas para Carreteras (actualización COADI-COARA) – 1967.
- **Instituto de Cemento Portland Argentino.** Normas de diseño para pavimentos rígidos – 2014.
- **J. A. R. Ortigao (2007).** Introducción a la Mecánica de los Suelos de los estados críticos, Editorial Terratek (Brasil).
- **Jarocki, W.** Tiempo de recurrencia para el diseño de obras viales, Cornero – Tomo II. Venecia.
- **Joseph Barnett.** Curvas con transiciones para caminos – 1972.
- **Karl Terzagui & Ralph B. Peck (1978).** Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica.
- **Roger.P Roess.** Traffic engineering.
- **Ven Te Chow, MAIDMENT y MAYS (1994).** “Hidrología Aplicada”,
- **Visessman et al, 1997.** Tiempo de recurrencia para el diseño de obras viales.

9A-ANEXO PLANILLAS

Índice de planillas

- **Planilla 1:** Censo volumétrico sobre peaje de la RNN°16 entre las provincias Chaco y Corrientes de la estación permanente de la Dirección Nacional de Vialidad.
 - Lunes 20 de Marzo del 2017.
 - Martes 21 de Marzo del 2017.
 - Miércoles 22 de Marzo del 2017.
 - Jueves 23 de Marzo del 2017.
 - Viernes 24 de Marzo del 2017.
 - Sábado 25 de Marzo del 2017.
 - Domingo 26 de Marzo del 2017.

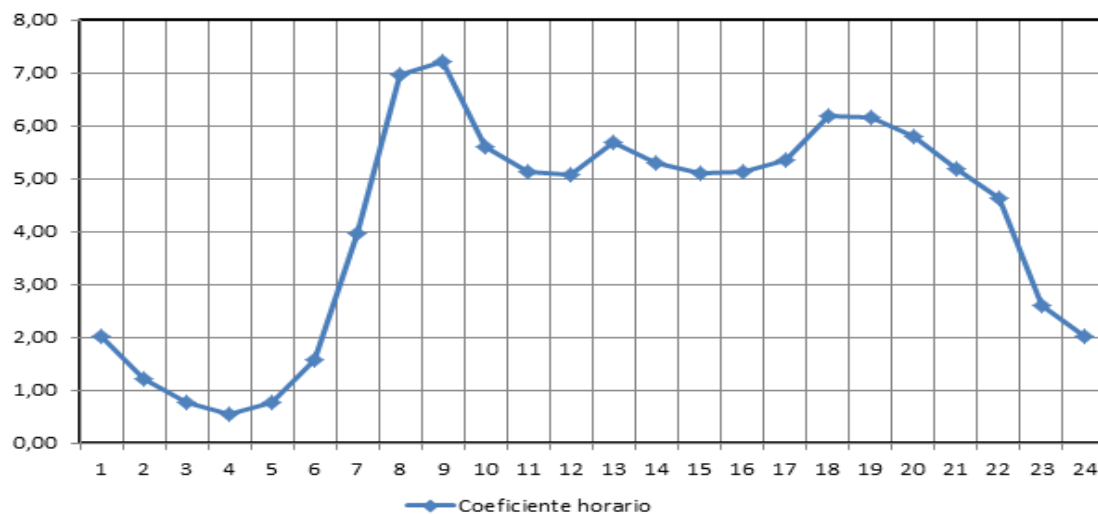
- **Planilla 2:** Perfiles transversales del terreno. Municipalidad de Resistencia.

- **Planilla 3:** Planilla perfiles longitudinal del terreno natural. Municipalidad de Resistencia.

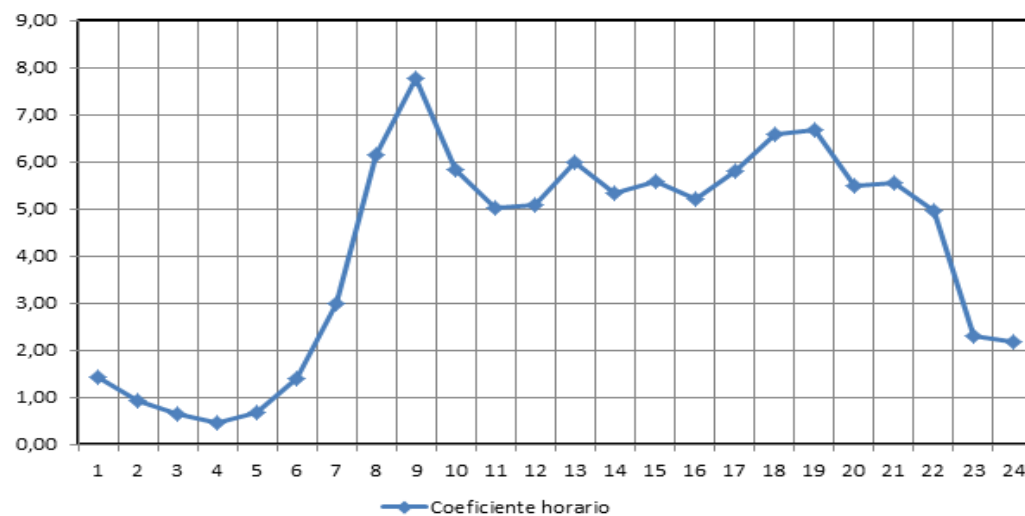
- **Planilla 4:** Cómputo y presupuesto

Planilla 1

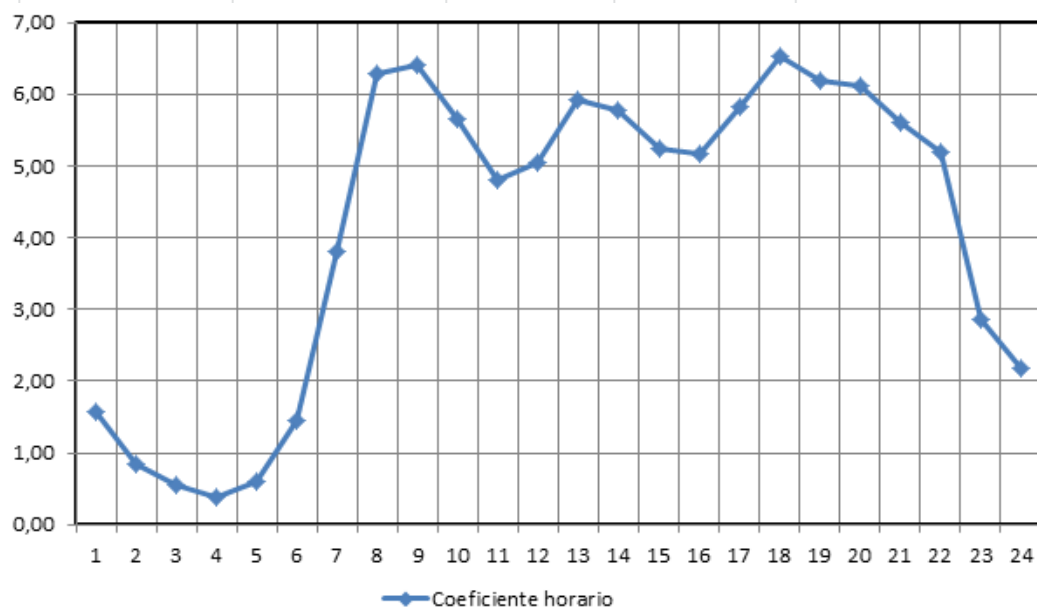
TRANSITO POR HORA					
DIA LUNES	LUNES		Sentido		
	Dia	Hora	Ascendente	Descendente	TOTAL
	20/03/2017	00 - 01	225	188	413
	20/03/2017	01 -- 02	148	99	247
	20/03/2017	02 -- 03	90	69	159
	20/03/2017	03 -- 04	65	47	112
	20/03/2017	04 -- 05	83	73	156
	20/03/2017	05 -- 06	191	128	319
	20/03/2017	06 -- 07	425	378	803
	20/03/2017	07 -- 08	832	583	1415
	20/03/2017	08 -- 09	798	664	1462
	20/03/2017	09 -- 10	577	559	1136
	20/03/2017	10 --11	550	492	1042
	20/03/2017	11 -- 12	511	520	1031
	20/03/2017	12 -- 13	526	626	1152
	20/03/2017	13 -- 14	506	567	1073
	20/03/2017	14 -- 15	462	576	1038
	20/03/2017	15 -- 16	535	509	1044
	20/03/2017	16 -- 17	562	526	1088
	20/03/2017	17 -- 18	619	639	1258
20/03/2017	18 -- 19	635	615	1250	
20/03/2017	19 -- 20	575	599	1174	
20/03/2017	20 -- 21	476	579	1055	
20/03/2017	21 -- 22	433	508	941	
20/03/2017	22 -- 23	221	306	527	
20/03/2017	23 -- 24	207	204	411	
			10252	10054	20306
			Ascendente	Descendente	TOTAL
			50,49	49,51	



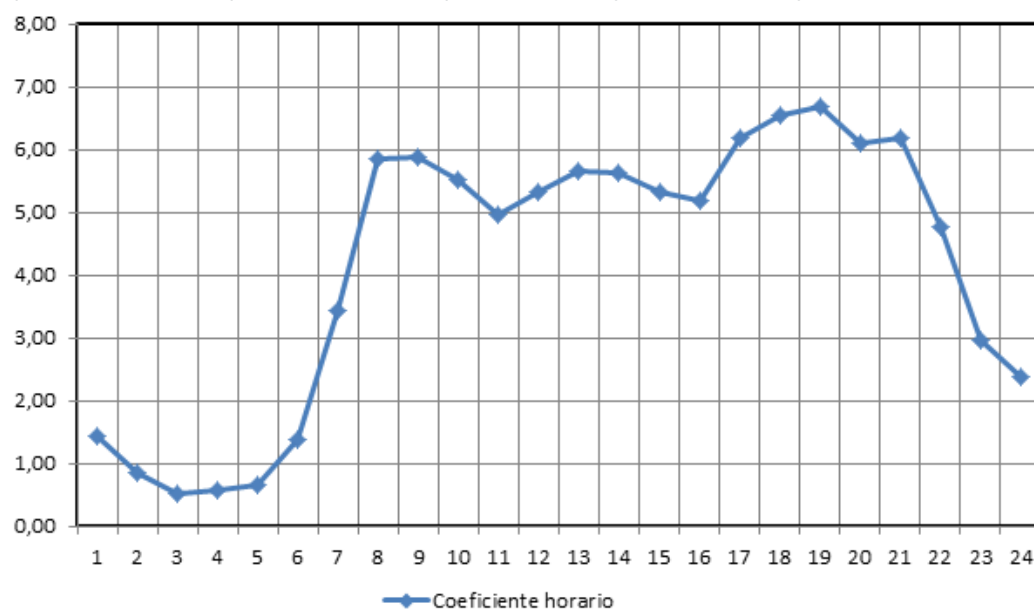
DIA MARTES	TRANSITO POR HORA				
	MARTES	Sentido			
	Dia	Hora	Ascendente	Descendente	TOTAL
	21/03/2017	00 - 01	153	139	292
	21/03/2017	01 -- 02	112	75	187
	21/03/2017	02 -- 03	72	57	129
	21/03/2017	03 -- 04	47	49	96
	21/03/2017	04 -- 05	77	62	139
	21/03/2017	05 -- 06	132	149	281
	21/03/2017	06 -- 07	265	340	605
	21/03/2017	07 -- 08	537	708	1245
	21/03/2017	08 -- 09	771	803	1574
	21/03/2017	09 -- 10	438	744	1182
	21/03/2017	10 -- 11	513	505	1018
	21/03/2017	11 -- 12	485	548	1033
	21/03/2017	12 -- 13	564	650	1214
	21/03/2017	13 -- 14	516	568	1084
	21/03/2017	14 -- 15	527	607	1134
	21/03/2017	15 -- 16	544	516	1060
	21/03/2017	16 -- 17	577	600	1177
	21/03/2017	17 -- 18	681	657	1338
	21/03/2017	18 -- 19	658	697	1355
	21/03/2017	19 -- 20	555	558	1113
	21/03/2017	20 -- 21	564	564	1128
	21/03/2017	21 -- 22	445	561	1006
	21/03/2017	22 -- 23	192	275	467
	21/03/2017	23 -- 24	241	204	445
			9666	10636	20302
			Ascendente	Descendente	TOTAL
			47,61	52,39	



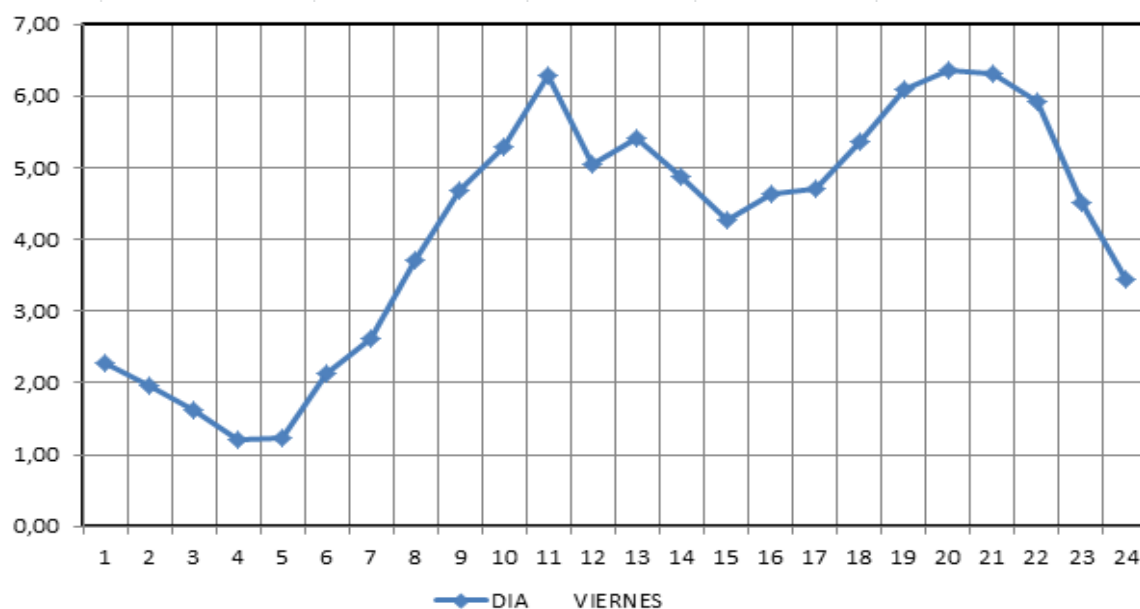
TRANSITO POR HORA					
DIA	MIERCOLES		Sentido		TOTAL
	Dia	Hora	Ascendente	Descendente	
MIERCOLES	22/03/2017	00 - 01	183	142	325
	22/03/2017	01 -- 02	94	82	176
	22/03/2017	02 -- 03	58	56	114
	22/03/2017	03 -- 04	51	30	81
	22/03/2017	04 -- 05	63	60	123
	22/03/2017	05 -- 06	170	128	298
	22/03/2017	06 -- 07	408	379	787
	22/03/2017	07 -- 08	743	553	1296
	22/03/2017	08 -- 09	634	691	1325
	22/03/2017	09 -- 10	598	569	1167
	22/03/2017	10 -- 11	511	482	993
	22/03/2017	11 -- 12	527	513	1040
	22/03/2017	12 -- 13	530	691	1221
	22/03/2017	13 -- 14	531	664	1195
	22/03/2017	14 -- 15	497	584	1081
	22/03/2017	15 -- 16	533	536	1069
	22/03/2017	16 -- 17	632	572	1204
	22/03/2017	17 -- 18	694	654	1348
	22/03/2017	18 -- 19	652	627	1279
	22/03/2017	19 -- 20	595	668	1263
	22/03/2017	20 -- 21	543	613	1156
	22/03/2017	21 -- 22	599	471	1070
	22/03/2017	22 -- 23	296	297	593
	22/03/2017	23 -- 24	237	212	449
			10379	10274	20653
			Ascendente	Descendente	TOTAL
			50,25	49,75	



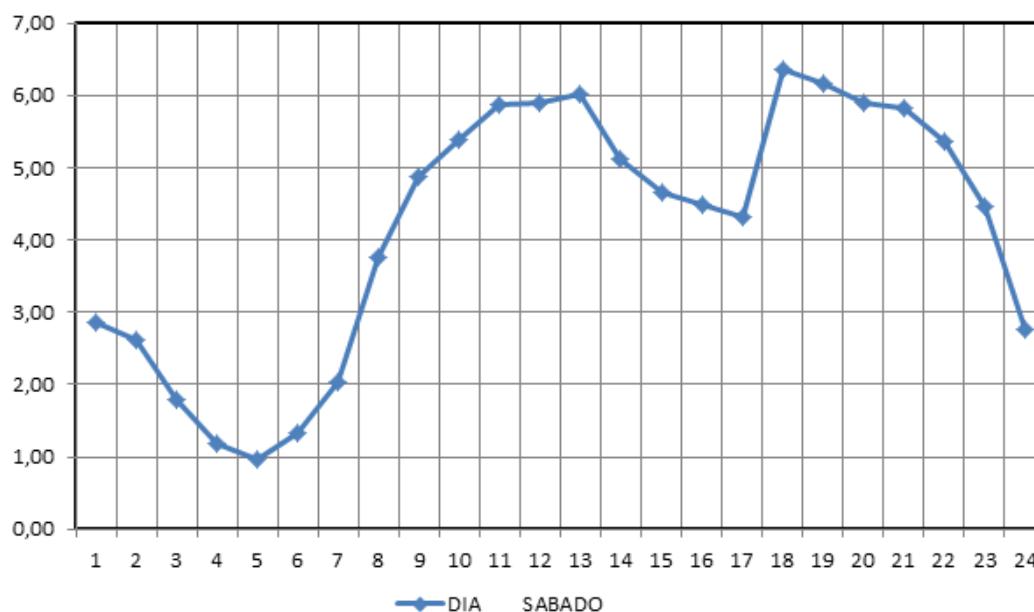
TRANSITO POR HORA					
DIA JUEVES	JUEVES	Sentido			
	Día	Hora	Ascendente	Descendente	TOTAL
	23/03/2017	00 - 01	159	170	329
	23/03/2017	01 -- 02	93	98	191
	23/03/2017	02 -- 03	70	50	120
	23/03/2017	03 -- 04	74	59	133
	23/03/2017	04 -- 05	84	66	150
	23/03/2017	05 -- 06	161	151	312
	23/03/2017	06 -- 07	436	341	777
	23/03/2017	07 -- 08	769	558	1327
	23/03/2017	08 -- 09	666	670	1336
	23/03/2017	09 -- 10	613	640	1253
	23/03/2017	10 -- 11	561	565	1126
	23/03/2017	11 -- 12	523	683	1206
	23/03/2017	12 -- 13	586	700	1286
	23/03/2017	13 -- 14	590	687	1277
	23/03/2017	14 -- 15	588	618	1206
	23/03/2017	15 -- 16	572	602	1174
	23/03/2017	16 -- 17	697	703	1400
	23/03/2017	17 -- 18	726	757	1483
	23/03/2017	18 -- 19	740	778	1518
	23/03/2017	19 -- 20	634	752	1386
	23/03/2017	20 -- 21	636	765	1401
	23/03/2017	21 -- 22	546	533	1079
	23/03/2017	22 -- 23	297	376	673
	23/03/2017	23 -- 24	200	340	540
			11021	11662	22683
			Ascendente	Descendente	TOTAL
			48,59	51,41	



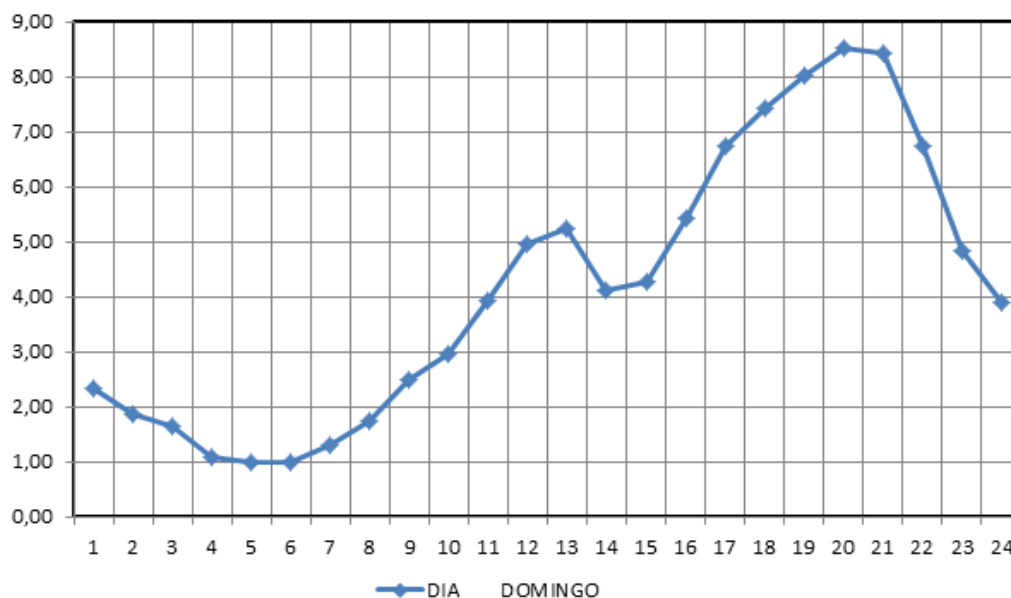
TRANSITO POR HORA					
DIA VIERNES	VIERNES		Sentido		TOTAL
	Dia	Hora	Ascendente	Descendente	
	24/03/2017	00 - 01	217	210	427
	24/03/2017	01 -- 02	170	199	369
	24/03/2017	02 -- 03	133	169	302
	24/03/2017	03 -- 04	105	123	228
	24/03/2017	04 -- 05	117	113	230
	24/03/2017	05 -- 06	195	205	400
	24/03/2017	06 -- 07	219	273	492
	24/03/2017	07 -- 08	311	383	694
	24/03/2017	08 -- 09	391	488	879
	24/03/2017	09 -- 10	420	572	992
	24/03/2017	10 -- 11	555	622	1177
	24/03/2017	11 -- 12	349	596	945
	24/03/2017	12 -- 13	456	560	1016
	24/03/2017	13 -- 14	424	491	915
	24/03/2017	14 -- 15	351	447	798
	24/03/2017	15 -- 16	382	485	867
	24/03/2017	16 -- 17	416	467	883
	24/03/2017	17 -- 18	475	532	1007
	24/03/2017	18 -- 19	557	586	1143
	24/03/2017	19 -- 20	565	625	1190
	24/03/2017	20 -- 21	655	529	1184
	24/03/2017	21 -- 22	528	582	1110
	24/03/2017	22 -- 23	365	482	847
	24/03/2017	23 -- 24	335	308	643
			8691	10047	18738
			Ascendente	Descendente	TOTAL
			46,38	53,62	



TRANSITO POR HORA					
DIA SABADO	SABADO		Sentido		TOTAL
	Dia	Hora	Ascendente	Descendente	
	25/03/2017	00 - 01	256	269	525
	25/03/2017	01 -- 02	287	195	482
	25/03/2017	02 -- 03	209	120	329
	25/03/2017	03 -- 04	119	97	216
	25/03/2017	04 -- 05	96	81	177
	25/03/2017	05 -- 06	136	110	246
	25/03/2017	06 -- 07	195	181	376
	25/03/2017	07 -- 08	335	356	691
	25/03/2017	08 -- 09	403	497	900
	25/03/2017	09 -- 10	466	525	991
	25/03/2017	10 -- 11	504	579	1083
	25/03/2017	11 -- 12	498	587	1085
	25/03/2017	12 -- 13	495	614	1109
	25/03/2017	13 -- 14	424	519	943
	25/03/2017	14 -- 15	424	434	858
	25/03/2017	15 -- 16	395	432	827
	25/03/2017	16 -- 17	336	461	797
	25/03/2017	17 -- 18	620	553	1173
	25/03/2017	18 -- 19	601	536	1137
	25/03/2017	19 -- 20	605	480	1085
	25/03/2017	20 -- 21	560	512	1072
	25/03/2017	21 -- 22	465	521	986
	25/03/2017	22 -- 23	423	400	823
	25/03/2017	23 -- 24	257	250	507
			9109	9309	18418
			Ascendente	Descendente	TOTAL
			49,46	50,54	



	TRANSITO POR HORA				
	SABADO		Sentido		
	Dia	Hora	Ascendente	Descendente	TOTAL
DIA DOMINGO	26/03/2017	00 - 01	219	224	443
	26/03/2017	01 -- 02	197	156	353
	26/03/2017	02 -- 03	170	142	312
	26/03/2017	03 -- 04	121	88	209
	26/03/2017	04 -- 05	113	76	189
	26/03/2017	05 -- 06	103	88	191
	26/03/2017	06 -- 07	130	120	250
	26/03/2017	07 -- 08	132	202	334
	26/03/2017	08 -- 09	224	253	477
	26/03/2017	09 -- 10	241	322	563
	26/03/2017	10 --11	408	340	748
	26/03/2017	11 -- 12	522	421	943
	26/03/2017	12 -- 13	521	477	998
	26/03/2017	13 -- 14	362	419	781
	26/03/2017	14 -- 15	402	411	813
	26/03/2017	15 -- 16	582	452	1034
	26/03/2017	16 -- 17	729	556	1285
	26/03/2017	17 -- 18	801	612	1413
	26/03/2017	18 -- 19	818	705	1523
	26/03/2017	19 -- 20	859	764	1623
	26/03/2017	20 -- 21	917	687	1604
	26/03/2017	21 -- 22	684	596	1280
	26/03/2017	22 -- 23	541	381	922
	26/03/2017	23 -- 24	473	269	742
			10269	8761	19030
			Ascendente	Descendente	TOTAL
			53,96	46,04	



Planilla 2

PERFILES TRANSVERSALES			
Perfil N°	Pto. N°	Distancia (m)	Cotas(IGN)
1 (Almirate Brown al 2150)	Umbral (0)	0	48,000
	1	6	47,649
	2	10	47,764
	3	14	47,719
	Umbral (4)	20	47,900
2(Almirate Brown al 2350)	Umbral (0)	0	48,800
	1	3,4	48,706
	2	3,9	48,690
	3	6	48,790
	4	10	48,623
	5	14	48,543
	Umbral (6)	20	48,600
3(Almirate Brown al 2550)	Umbral (0)	0	48,700
	1	6	48,530
	2	10	48,510
	3	14	48,430
	Umbral (4)	20	48,720
4(Almirate Brown al 2750)	Umbral (0)	0	47,900
	1	4	47,590
	2	8	47,598
	3	12	47,945
	Umbral (4)	16	48,195

Planilla 3

PERFIL LONGITUDINAL CALLE ALMT. BROWN		
PROGRESIVA (M)	OBSERVACIONES	COTAS (IGN)
2000	viviendas	47,19
2017		48,29
2137		48,2
2257		48,55
2391		48,34
2511		48,62
2631		48,52
2751		48
2818		47,72
2899		48,2
2875		47,9
3200		48,1
3500		48,4

Planilla 4

Análisis:

1 - TRABAJOS PRELIMINARES					
1.1 LIMPIEZA Y REPLANTEO					
				UNIDAD : m ²	
ITEMS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
A - EQUIPOS					
1	Motoniveladora 140 HP	Hs	1	\$ 1.425,00	
	Amortizacion e interes	0,0001375	Cap/hs	\$ 0,20	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	\$ 0,11	
	Combustibles y lubricantes	4,51375	\$Hp/hs	\$ 631,93	
					\$ 632,23
2	Tractor 160 hp	Hs	1	\$ 228,00	
	Amortizacion e interes	0,0001375	Cap/d	\$ 0,03	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/d	\$ 0,02	
	Combustibles y lubricantes	4,51375	\$Hp/d	\$ 722,20	\$ 722,25
	Sub total (A) Equipos			\$/h	1.354,48
B - MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs	2	\$ 189,86	\$ 379,72
2	Oficial	Hs	0	\$ 161,78	\$ -
3	1/2 Oficial	HS	0	\$ 149,16	\$ -
4	Ayudante	Hs	2	\$ 136,94	\$ 273,88
	Sub total (B) Equipos			\$/h	653,60
	Costo Costo (A+B)=			\$/h	2.008,08
	Rendimiento	460	m ² /hs	\$/m ²	4,37
	Coef. Resumen (CR)=			1,60	
				Precio = \$/m²	\$ 7,00
1.2 OBRADOR					
				UNIDAD : m ²	
ITEMS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
A - EQUIPOS					
1	Equipos y herr. de menor porte	GL	1	\$ 6.910,00	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	\$ 0,95	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	\$ 0,52	
	Sub total (A) Equipos			\$/h	1,47
B- MATERIALES					
1	Materiales para el obrador	m ²	1	\$ 2.126,00	\$ 2.126,00
	Sub total (B) Materiales			\$/m²	2.126,00
C - MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs	0	\$ 189,86	\$ -
2	Oficial	Hs	1	\$ 161,78	\$ 161,78
3	1/2 Oficial	Hs	0	\$ 149,16	\$ -
4	Ayudante	Hs	3	\$ 136,94	\$ 410,82
	Sub total (C) Mano de obra			\$/h	572,61
	Costo Costo (A+B+C)=			\$/h	574,08
	Rendimiento	6,25	m ² /h	\$/m ²	2.217,85
	Coef. Resumen (CR)=			1,60	
				Precio = \$/m²	3.750,00

1.3 CARTEL DE OBRA				UNIDAD : Un	
ITEMS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
A - EQUIPOS					
1	Equipos y herr. de menor porte	GL	1	\$ 6.910,00	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	\$ 0,95	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	\$ 0,52	
	Sub total (A) Equipos			\$/h	1,47
B- Materiales					
1	Material P/Cartel	GL	1	\$ 5.500,00	\$ 5.500,00
	Sub total (B) Materiales p/Cartel			\$/Un	5.500,00
C - MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs	0	\$ 189,86	\$ -
2	Oficial	Hs	1	\$ 161,78	\$ 161,78
3	1/2 Oficial	HS	0	\$ 149,16	\$ -
4	Ayudante	Hs	3	\$ 136,94	\$ 410,82
	Sub total (C) Equipos			\$/h	572,61
	Costo Costo (A+C)=				\$ 574,08
	Rendimiento	5	m ² /h	\$/m ²	114,82
				\$/Un	5.614,82
	Coef. Resumen (CR)=			1,60	
				Precio = \$/Un	9.200,00

2 - MOVIMIENTO DE SUELOS					
2.1 - EXCAVACION Y RETIRO DE SUELO					
				UNIDAD : m ³	
ITEMS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
A - EQUIPOS					
1	Retroexcavadora J.D. - 310-E 75 HP	Hs	1	\$ 601,92	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	\$ 0,08	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	\$ 0,05	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	\$ 297,00	\$ 297,13
2	Camion volcador 150 HP	Hs	2	\$ 558,60	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	\$ 0,15	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	\$ 0,08	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	\$ 1.188,00	\$ 1.188,24
	Sub total (A) Equipos			\$/h	1.485,37
B- MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs	1	\$ 189,86	\$ 189,86
2	Oficial	Hs	0	\$ 161,78	\$ -
3	1/2 Oficial	HS	0	\$ 149,16	\$ -
4	Ayudante	Hs	3	\$ 136,94	\$ 410,82
	Sub total (C) Equipos			\$/h	600,68
	Costo Costo (A+B)=				\$/h 2.086,05
	Rendimiento	31,25	m ³ /h	\$/m ³	66,75
	Coef. Resumen (CR)=			1,60	
				Precio = \$/m³	130,00

2.2 - RELLENO DE SUELO					
				UNIDAD : m ³	
ITEMS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
A - EQUIPOS					
1	Camion volcador 150 HP	Hs	2	\$ 558,60	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	0,08	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	0,04	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	594,00	\$ 594,12
2	Moroniveladora 140 HP	Hs	1	\$ 1.425,00	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	0,20	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	0,11	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	554,40	\$ 554,70
	Sub total (A) Equipos			\$/h	1.148,82
B- MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs	1	\$ 189,86	\$ 189,86
2	Oficial	Hs	0	\$ 161,78	\$ -
3	1/2 Oficial	HS	0	\$ 149,16	\$ -
4	Ayudante	Hs	3	\$ 136,94	\$ 410,82
	Sub total (C) Equipos				\$ 600,68
	Costo Costo (A+B)=			\$/h	1.749,51
	Rendimiento	27,5	m ³ /h	\$/m ³	63,62
	Coef. Resumen (CR)=			1,60	
				Precio = \$/m³	155,00

3 - PAQUETE ESTRUCTURAL					
3.1 - SUELO CAL AL 2%				UNIDAD : m ³	
ITEMS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
A - EQUIPOS					
1	Autocompactor 145 HP	Hs	1	\$ 215.061,00	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	29,57	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	16,13	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	574,20	\$ 619,90
2	Camion regador 145 HP	Hs	1	\$ 230.422,50	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	31,68	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	17,28	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	574,20	\$ 623,16
3	Motoniveladora 140 HP	Hs	1	\$ 1.425,00	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	0,20	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	0,11	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	554,40	\$ 554,70
4	Rastra a disco	Hs	1	\$ 17.556,00	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	2,41	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	1,32	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	-	\$ 3,73
5	Rod. Neum. Autotopulsado 125 HP	Hs	1	\$ 188.727,00	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	25,95	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	14,15	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	495,00	\$ 535,10
6	Tractor 160 HP	Hs	1	\$ 228,00	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	0,03	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	0,02	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	633,60	\$ 633,65
7	Cargador frontal 110 HP	Hs	1	\$ 258.951,00	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	35,61	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	19,42	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	435,60	\$ 490,63
8	Motobomba 40 HP	Hs	1	\$ 10.972,50	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	1,51	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	0,82	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	158,40	\$ 160,73
9	Camion volcador 150 HP	Hs	4	\$ 558,60	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	0,31	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	0,17	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	2.376,00	\$ 2.376,47
	Sub total (A) Equipos			\$/h	5.998,09
B- MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs	5	\$ 189,86	\$ 949,31
2	Oficial	Hs	3	\$ 161,78	\$ 485,35
3	1/2 Oficial	HS	1	\$ 149,16	\$ 149,16
4	Ayudante	Hs	8	\$ 136,94	\$ 1.095,53
	Sub total (B) Mano de obra			\$/h	2.679,35
C - MATERIALES					
1	Cal hidratada	tn	0,0300	\$ 3.500,00	\$ 105,00
					\$/m ³ 147,90
2	Transporte interno	Km	6	1,568 \$/tnKm	9,41
			7.59 \$/tn	1,8	16,93
	Sub total (C) Materiales			\$/m³	121,93
	Costo Costo (A+B)=			\$/h	8.677,43
	Rendimiento	18,75	m ³ /h	\$/m³	462,80
	Costo Costo (A+B+C)=			\$/m³	584,73
	Coef. Resumen (CR)=			1,60	
				Precio = \$/m³	950,00

3.2 - Relleno de Densidad Controlada				UNIDAD : m ³	
ITEMS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
A - EQUIPOS					
1	Herramientas menores p/hormigón	Hs	1	\$ 10.972,50	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	1,51	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	0,82	
	Sub total (A) Equipos			\$/h	2,33
B- MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs	0	\$ 189,86	\$ -
2	Oficial	Hs	1	\$ 161,78	\$ 161,78
3	1/2 Oficial	HS	0	\$ 149,16	\$ -
4	Ayudante	Hs	3	\$ 136,94	\$ 410,82
	Sub total (C) Equipos			\$/h	\$ 572,61
C - Materiales					
1	Relleno de densidad controlada	m ³	1	\$ 1.635,00	
2	Transporte interno	km	6	1,568 \$/tnkm	\$ 9,41
				\$/m³	\$ 1.644,41
	Costo Costo (A+B)=			\$/h	574,94
	Rendimiento	12,5	m ³ /h	\$/m³	46,00
	Costo Costo (A+B+C)=			\$/m³	1.690,41
	Coef. Resumen (CR)=			1,60	
				Precio = \$/m³	2.650,00

3.3 - Carpeta de rodamiento de H°A° H-30				UNIDAD : m ³	
ITEMS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
A - EQUIPOS					
1	Aserradora de juntas de H° 8Hp	Hs	1	\$ 6.583,50	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	0,91	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	0,49	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	31,68	\$ 33,08
2	Terminador de H° 130 HP	Hs	1	\$ 263.340,00	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	36,21	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	19,75	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	514,80	\$ 570,76
3	Tractor 160 HP	Hs	1	\$ 228,00	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	0,03	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	0,02	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	633,60	\$ 633,65
4	Herramientas menores p/hormigón	Hs	1	\$ 10.972,50	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	1,51	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	0,82	\$ 2,33
	Sub total (A) Equipos			\$/h	1.239,82
B- MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs	4	\$ 189,86	\$ 759,44
2	Oficial	Hs	1	\$ 161,78	\$ 161,78
3	1/2 Oficial	HS	0	\$ 149,16	\$ -
4	Ayudante	Hs	5	\$ 136,94	\$ 684,71
	Sub total (B) Mano de obra			\$/h	1.605,93
C - MATERIALES					
1	Hormigón elaborado H-30	m ³	1	\$ 2.800,00	\$ 2.800,00
2	Hierros	kg	10	\$ 43,00	\$ 430,00
3	Discos p/aserradora	Un	0,05	\$ 5.300,00	\$ 265,00
4	Sellador de junta	Kg	2	\$ 225,00	\$ 450,00
5	Transporte interno	Km	6	1,568 \$/tnKm	\$ 9,41
	Sub total (C) Materiales			\$/m³	3.954,41
	Costo Costo (A+B)=			\$/h	2.845,75
	Rendimiento	12,5	m ³ /h	\$/m³	227,66
	Costo Costo (A+B+C)=			\$/m³	4.182,07
	Coef. Resumen (CR)=			1,60	
				Precio = \$/m³	6.825,00

4 - OBRAS DE ARTE					
4.1 - Cordones					
				UNIDAD : m	
ITEMS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
A - EQUIPOS					
1	Aserradora de juntas de H° 8Hp	Hs	1	\$ 6.583,50	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	0,91	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	0,49	
	Combustibles y lubricantes	3,96	\$Hp/hs	31,68	\$ 33,08
2	Herramientas menores p/hormigón	Hs	1	\$ 10.972,50	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	1,51	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	0,82	\$ 2,33
	Sub total (A) Equipos			\$/h	35,41
B- MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs	0	\$ 189,86	\$ -
2	Oficial	Hs	7	\$ 161,78	\$ 1.132,49
3	1/2 Oficial	HS	0	\$ 149,16	\$ -
4	Ayudante	Hs	5	\$ 136,94	\$ 684,71
	Sub total (B) Mano de obra			\$/h	1.817,19
C - MATERIALES					
1	Hormigón elaborado H-21	m³	1	\$ 2.600,00	\$ 2.600,00
2	Hierros	kg	80	\$ 43,00	\$ 3.440,00
3	Discos p/aserradora	Un	0,008	\$ 5.300,00	\$ 42,40
4	Transporte interno	Km	4	1,568 \$/tnKm	\$ 0,60
	Sub total (C) Materiales			\$/m	243,90
	Costo Costo (A+B)=			\$/h	1.852,60
	Rendimiento	25	m/h	\$/m	74,10
	Costo Costo (A+B+C)=			\$/m	318,00
	Coef. Resumen (CR)=			1,60	
				Precio = \$/m	510,00

4.2 -Desagües pluviales					
				UNIDAD : ml	
ITEMS	DESIGNACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
A - EQUIPOS					
1	Equipo y herr. de menor porte	Hs	1	\$ 6.910,00	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	0,95	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	0,52	\$ 1,47
2	Herramientas menores p/hormigón	Hs	1	\$ 1.240,87	
	Amortizacion e interes	0,0001375	cap/hs	0,17	
	Reparacion y repuestos	0,000075	cap/hs	0,09	\$ 0,26
	Sub total (A) Equipos			\$/h	1,73
B- MANO DE OBRA					
1	Oficial especializado	Hs	0	\$ 189,86	\$ -
2	Oficial	Hs	4	\$ 161,78	\$ 647,14
3	1/2 Oficial	HS	0	\$ 149,16	\$ -
4	Ayudante	Hs	4	\$ 136,94	\$ 547,76
	Sub total (B) Mano de obra			\$/h	1.194,90
C - MATERIALES					
1	Hormigon H-13 p/base	m³	1	\$ 2.750,00	
2	Caño PRFV D= 600mm	ml	1,05	\$ 717,39	\$ 753,26
3	Arena-cemento p/recubrimiento	ml	0,60	\$ 43,00	\$ 25,80
4	Transporte interno	Km	4	1,568 \$/tnKm	\$ 0,60
	Sub total (C) Materiales			\$/m	31,76
	Costo Costo (A+B)=			\$/h	1.196,63
	Rendimiento	25	m/h	\$/m	47,87
	Costo Costo (A+B+C)=			\$/m	79,63
	Coef. Resumen (CR)=			1,60	
				Precio = \$/m	150,00

Coeficientes

I) - MANO DE OBRA

Categoría	Salario [\$h]	Asistencia 20% x (2) [\$h]	Salario Directo [\$h]	Mejoras Sociales 19,92% x [4] [\$h]	Seguro Obrero 4,1% [4] [\$h]	Salario Total [\$h]	Otros 50,98% de [4] [\$h]	Costo Total [\$h]
[1]	[2]	[3]	[4] = [2] + [3]	[5]	[6]	[7] = [4] + [5] + [6]	[8]	[9] = [7] + [8]
Oficial Especializado	90,41	18,08	108,49	21,61	4,45	134,55	55,31	189,86
Oficial	77,04	15,41	92,45	18,42	3,79	114,65	47,13	161,78
1/2 oficial	71,03	14,21	85,24	16,98	3,49	105,71	43,45	149,16
Ayudante	65,21	13,04	78,25	15,59	3,21	97,05	39,89	136,94

Cont. Seg. Social	22%
Cont. Obra Social	6%
Ley Riesgo de Trabajo (%variable)	6,98%
Fondo Desempleo	12%
IERIC	2%
FICS	2%
	50,98%

II)- AMORTIZACIÓN E INTERESES

%Cap. X 8 hs/d		% Cap. X 12% X 8 hs/d
	+	
10.000 hs		2 x 2.000 hs

0,0008	+	0,0003		0,0011 \$/d
--------	---	--------	--	-------------

III) REPARACIÓN Y REPUESTOS	70 % de Amortización	0,0006 \$/d
-----------------------------	----------------------	-------------

IV) COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES

EQUIP. EN GENERAL	0,15	Ls/HP.hs	8 hs/día	1,2000	22 \$/lts	31,6800 \$/hp
-------------------	------	----------	----------	--------	-----------	---------------

V) COEFICIENTE RESUMEN

Costo		1,0000
Gastos Generales	20%	0,2000
Beneficios	10%	0,1000
		1,3000
Gastos Financieros	2% mensual x 1 mes	2%
Fuente: Bco. Nación Desc. De docum. Com. Equiv. A TEM 2% (\$/Ambito Financiero 05/02/17)		0,0260
		1,3260
I.V.A.	21%	0,2785
		1,6045
Coeficiente Resumen Adoptado		1,6045

Presupuesto

PRESUPUESTO COSTO - VENTA							
ITEMS	DESIGNACIÓN	UN	CANTIDAD	PRECIOS		TOTAL	%
				Unitario	Subtotal		
1	TRABAJOS PRELIMINARES					\$ 309.200,00	0,56032815
1	Limpieza y replanteo	m2	30.000	\$ 7,00	\$ 210.000,00		
2	Obrador	m2	24	\$ 3.750,00	\$ 90.000,00		
3	Cartel de obra	Un	1	\$ 9.200,00	\$ 9.200,00		
2	EXPROPIACIÓN DE TERRENOS					\$ 17.960.000,00	32,55
1	Terrenos	m2	3.000	\$ 5.800,00	\$ 17.400.000,00		
2	Viviendas para habitantes expropiados	Un	7	\$ 80.000,00	\$ 560.000,00		
3	MOVIMIENTO DE SUELOS					\$ 647.000,00	1,17
1	Excavación y retiro de suelo	m3	4.500	\$ 130,00	\$ 585.000,00		
2	Relleno de suelo	m3	400	\$ 155,00	\$ 62.000,00		
4	PAQUETE ESTRUCTURAL					\$ 27.487.800,00	49,81
1	Suelo cal	m3	1.980	\$ 950,00	\$ 1.881.000,00		
2	RDC	m3	1.980	\$ 2.650,00	\$ 5.247.000,00		
3	Carpeta de rodamiento de HºAº H -30	m3	2.904	\$ 6.825,00	\$ 19.819.800,00		
4	Banquina de HºAº H -30 de 1 m	m3	80	\$ 6.750,00	\$ 540.000,00		
5	OBRAS DE ARTE					\$ 2.251.698,00	4,08
1	Cordones	ml	3600	\$ 510,00	\$ 1.836.000,00		
2	Desagües pluviales	ml	1170	\$ 150,00	\$ 175.500,00		
3	Excavacion para montaje	m3	1802	\$ 110,00	\$ 198.198,00		
4	Imbornales metálicos	Un	14	\$ 3.000,00	\$ 42.000,00		
7	CARTELERÍA Y SEÑALIZACIÓN					\$ 5.020.552,00	9,10
1	Iluminación	Un	300	\$ 15.250,00	\$ 4.575.000,00		
2	Señalización horizontal	m²	62	\$ 2.000,00	\$ 124.000,00		
3	Señalización vertical	m²	55	\$ 5.800,00	\$ 321.552,00		
8	SEMAFORIZACIÓN					\$ 1.505.700,00	2,73
1	Semaforo inteligente	Un	32	\$ 27.800,00	\$ 875.700,00		
1	Dispositivo de control de velocidad y pase en rojo	Un	32	\$ 20.000,00	\$ 630.000,00		
						\$ 55.181.950,00	100,00

9B-ANEXO PLANOS

Índice de planos

- **Plano 1:** Ubicación general.
- **Plano 1*:** Ubicación de progresivas y perfiles transversales.
- **Plano 2:** Perfil transversal progresiva 2150.
- **Plano 3:** Perfil transversal progresiva 2350.
- **Plano 4:** Perfil transversal progresiva 2550.
- **Plano 5:** Perfil transversal progresiva 2750.
- **Plano 6:** Perfil topográfico longitudinal.
- **Plano 7:** Delimitación de sub-cuencas.
- **Plano 8:** Diseño del sistema de desagües.
- **Plano 9:** Semaforización y señalización.
- **Plano 10:** Diseño geométrico.
- **Plano 11:** Perfil transversal tipo progresiva 0 a 835.
- **Plano 12:** Perfil transversal tipo progresiva 835 a 1.220.
- **Plano 13:** Detalle cantero central.