



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



FCEFN

Facultad de
Ciencias Exactas
Físicas y Naturales

INFORME FINAL DE PRÁCTICA SUPERVISADA
“ASISTENCIA TECNICA EN OBRA:
INTERCAMBIADOR VIAL EL TROPEZON”



AUTOR: Facundo Lenardón

TUTOR INTERNO: Mg. Ing. Miguel Rico

TUTOR EXTERNO: Ing. Néstor Magi

ENTIDAD RECEPTORA: Benito Roggio e Hijos S.A.

CARRERA: Ingeniería Civil – Plan 2005

Julio de 2015

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi madre María del Carmen y a mi padre julio, por el amor y la educación recibida, por apoyarme en cada momento y en cada decisión.

A mis hermanos Esteban, Juliana y Gabriel, por todo el aguante y apoyo indescriptible.

Además, quiero agradecer a mis cuatro abuelos, Cesar, Nene, Carlos y Maria por todo el sacrificio y el afecto recibido durante la carrera.

También agradecer de manera especial a mi novia Natalia, por sus consejos, comprensión y paciencia a lo largo de estos años entendiendo mis ausencias y mis malos momentos.

A mis amigos de la vida y a los que me dio la facultad (Gabo, Musi, Garza, Pelado, Negro, Agu y Colo) por las interminables juntadas de estudio y las experiencias compartidas durante estos años. A los ingenieros Jorge Zecchin y Carlos Rodriguez, por darme la posibilidad de realizar mi Practica Supervisada y luego continuar trabajando en una de las obras más importantes de la Provincia.

A los ingenieros Nestor Magi y Mario Gomez y al arquitecto Marcelo Cariddi por recibirme en su obra y por creer en mí en cada labor asignada, por transmitirme todos sus conocimientos y experiencias.

A Virginia Belli, Jorge Ramos, Denise Brufman, Alejandro Mustafá y German Perret, Bravo Walter, por su paciencia y disposición para atender siempre mis interminables inquietudes, por transmitirme parte de sus experiencias y conocimientos, por facilitar mi integración al grupo de trabajo desde el principio y por generar que cada día de trabajo sea entretenido y de aprendizaje.

Al Ingeniero Miguel Rico, mi tutor en esta práctica, por su labor, información y buena predisposición.

INDICE DE CONTENIDO

Capítulo 1 -	INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 2 -	DESCRIPCIÓN DE LA OBRA	3
2.1.	UBICACIÓN DE LA OBRA Y DEL OBRADOR	3
2.2.	DATOS CONTRACTUALES	5
2.3.	CARACTERÍSTICAS GENERALES	5
Capítulo 3 -	PAVIMENTOS RIGIDOS	8
3.1.	INTRODUCCIÓN	8
3.2.	PERFILES TIPOS	8
3.3.	PAQUETE ESTRUCTURAL	10
3.3.1.	Subrasante o base de asiento	10
3.3.2.	Subbase	11
3.3.3.	Base Estabilizada	12
3.3.3.1.	Características de la Base granular empleada.....	12
3.3.3.2.	Mejoras en la estabilización de bases	12
3.3.4.	Losa de Hormigón	13
3.4.	PROCESO CONSTRUCTIVO	15
3.4.1.	Subrasante o base de asiento	15
3.4.2.	Subbase	18
3.4.3.	Base estabilizada	23
3.4.4.	Losa de hormigón	24
3.4.5.	Banquina y Cordones	34
3.4.6.	Particularidades del tramo estudiado	36
3.5.	CONTROLES EN OBRA	38
3.5.1.	Características generales de los controles	38
3.5.2.	Controles en Subrasante o base de asiento	39
3.5.3.	Controles en Subbase	39
3.5.4.	Controles en Base estabilizada.....	52
3.5.5.	Controles en Losa de Hormigón	54
3.5.5.1.	Controles sobre el hormigón fresco	54
3.5.5.2.	Controles sobre el hormigón endurecido	59
3.6.	COMPARACIÓN ECONÓMICA ENTRE MATERIALES PARA LA BASE.....	59
3.7.	CÓMPUTO DE LOS ELEMENTOS DEL PAVIMENTO	64
3.7.1.	Cómputo de materiales para abastecimiento	64
3.7.1.1.	Subbase Suelo – 0-6	65
3.7.1.2.	Base suelo – 0-6 – cemento	66

3.7.1.3.	Losa de hormigón	66
3.7.2.	Cómputo para certificación	68
3.7.2.1.	Excavación	68
3.7.2.2.	Terraplén	73
Capítulo 4 -	DISEÑO DE JUNTAS EN PAVIMENTOS DE HORMIGON	74
4.1.	DISEÑO DE JUNTAS EN RAMAS INDIRECTAS Y ROTONDA	74
4.1.1.	Introducción.....	74
4.1.2.	Separación entre juntas	74
4.1.3.	Procedimiento realizado en el diseño.....	75
4.2.	DISEÑO DE BOCACALLES EN BARRIO DE VIVIENDAS	77
Capítulo 5 -	DESVÍOS.....	81
5.1.	IMPORTANCIA DE LOS DESVÍOS	81
5.2.	SISTEMA DE DESVÍO UTILIZADO.....	81
5.2.1.	Primera etapa de desvío.....	82
5.2.2.	Segunda etapa de desvío.....	83
5.2.3.	Tercera etapa de desvío	84
5.2.4.	Cuarta etapa de desvío.....	85
5.3.	SITUACIÓN ACTUAL	86
5.3.1.	Estudio técnico sobre banquina Rama directa Gama	88
5.3.2.	Diseño del desvío "Viaducto Colon - Av. Ejército Argentino"	102
5.4.	MANTENIMIENTO DE LOS DESVÍOS	107
5.4.1.	Importancia del mantenimiento	107
5.4.2.	Tareas realizadas en el mantenimiento.....	108
5.4.2.1.	Relevamiento	108
5.4.2.2.	Reparación de la falla o bacheo	109
5.4.2.3.	Certificación.....	113
Capítulo 6 -	Conclusiones.....	117
Capítulo 7 -	Bibliografía	119
Anexo N° 1:	Verificación estructura de la banquina	120

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Ubicación de la Obra	3
Figura 2.2: Indicación de las secciones unidas con el obra	4
Figura 2.3: Ubicación de la obra y del obrador	4
Figura 2.4: Sectores del obrador	4
Figura 2.5: Vista rotonda previa al inicio de la obra.	5
Figura 2.6: Vista aérea previa al inicio de la obra.	6
Figura 2.7: Render del proyecto final.....	6
Figura 2.8: Vista aérea de la obra en la actualidad.	7
Figura 2.9: Vista previa a inauguración rotonda Norte y ramas indirectas de rotonda.	7
Figura 2.10: Vista viaducto Colón en la noche de la inauguración.	7
Figura 2.11: Vista viaducto Colón Terminado.....	7
Figura 3.1: Pavimentos ejecutados durante la Práctica Profesional	9
Figura 3.2: Perfil tipo Ramas Indirectas.	10
Figura 3.3: Perfil tipo Rotonda.	10
Figura 3.4: Perfil tipo Rotonda.	10
Figura 3.5: Vista junta de construcción.....	14
Figura 3.6: Escarificado de la sub-rasante.	16
Figura 3.7: Distribución de la cal con motoniveladora.	16
Figura 3.8: Compactación de la sub-rasante con compactador tipo pata de cabra.	17
Figura 3.9: Colocación de la estaca.....	17
Figura 3.10: Nivelado de la estaca.	17
Figura 3.11: Extracción del terreno natural con pala cargadora frontal.....	19
Figura 3.12: Montículos de triturado 0-6 sobre suelo ya nivelado.....	19
Figura 3.13: Esquema del tambor o cámara de reciclado.	19
Figura 3.14: Reciclado en cancha de mezclado.	19
Figura 3.15: Regado de la base de asiento previa descarga de la subbase.	20
Figura 3.16: Descarga de la mezcla en el sector del camino.	20
Figura 3.17: Vista de montículos de material de la subbase.	20
Figura 3.18: Distribución de la mezcla con motoniveladora.....	21
Figura 3.19: Mezclado del material con rastra.	21
Figura 3.20: Rodillo pata de cabra estático compactando subbase.	21
Figura 3.21: Compactador de cilindro metálico con tacos y dos ruedas de goma.	21
Figura 3.22: Rodillo neumático liso.....	22
Figura 3.23: Motoniveladora cortando la subbase.....	22
Figura 3.24: Vista de la subbase nivelada y corte de cabeza de estaca.....	22
Figura 3.25: Vista subbase cortada y compactándola con rodillo liso para terminación.	22
Figura 3.26: Vista distribución del cemento y mezclado.	23
Figura 3.27: Fijación de encofrado a base estabilizada y unión entre moldes.	25
Figura 3.28: Vista sensor del tren de la pavimentadora sobre hilo guía.	25
Figura 3.29: Esquema de instalación típica de los hilos de guía.	26
Figura 3.30: Esquema de canasto de pasadores.....	26
Figura 3.31: Vista ingreso de camión hormigonero. Posición final de los canastos con barras de unión y canastos de pasadores a la espera de avance de hormigonado.....	27
Figura 3.32: Referencia para correcto posicionamiento de los pasadores	27
Figura 3.33: Fijación de camas para barras de unión.	27
Figura 3.34: Vista avance de hormigonado y canasto preparado para ser colocado en su posición final.	28

Figura 3.35: Vista del canasto de pasadores colocado a la espera de hormigón.	28
Figura 3.36: Terminadora utilizada.	28
Figura 3.37: Tren de curado (fondo) y tren de texturizado (adelante).	28
Figura 3.38: Vista descargar, distribución y compactación del hormigón.	29
Figura 3.39: Vista de la tela de arpillera utilizada para el texturizado.	30
Figura 3.40: Superficie con textura final a la espera del curado.	30
Figura 3.41: Hierros colocados para la fijación del cordón.	31
Figura 3.42: Tren de curado aplicando "Antisol Blanco".	31
Figura 3.43: Equipo para colocar el compuesto de curado.	31
Figura 3.44: Marcado de la junta transversal.	32
Figura 3.45: Impresión de la marca.	32
Figura 3.46: Ventana de Corte.	32
Figura 3.47: Aserrado de las juntas.	33
Figura 3.48: Fisura en el lugar deseado.	33
Figura 3.49: Esquema sellado de juntas	33
Figura 3.50: Colocación del cordón de respaldo.	33
Figura 3.51: Colocación del líquido sellador.	34
Figura 3.52: Vista cordón de respaldo y junta sellada.	34
Figura 3.53: Vista encofrado para el cordón.	34
Figura 3.54: Vista sujeción de encofrado.	34
Figura 3.55: Riego de imprimación realizado.	35
Figura 3.56: Aplicación del granceado.	35
Figura 3.57: Colocación de la mezcla asfáltica con terminadora.	36
Figura 3.58: Compactación de la carpeta de rodamiento.	36
Figura 3.59: Vista barras de unión y cama con pasadores.	36
Figura 3.60: Vista sobreancho previa al hormigonado.	37
Figura 3.61: Hormigonado de sobreancho.	37
Figura 3.62: Base ejecutada con Hormigón H-8.	37
Figura 3.63: Colocación del equipo para calibrado.	40
Figura 3.64: Llenado del recipiente con arena sobrante (P2).	40
Figura 3.65: Ejecución del hoyo con taladro manual.	40
Figura 3.66: Recolección del material del hoyo.	40
Figura 3.67: Pesado y secado del material para determinación de humedad.	41
Figura 3.68: Planilla modelo entregada por el operario encargado de ejecutar el ensayo.	41
Figura 3.69: Tipos de ensayo de compactación para material fino según norma.	44
Figura 3.70: Curva Densidad- Humedad.	45
Figura 3.71: Preparación de la muestra.	45
Figura 3.72: Muestras de mezcla con diferentes humedades para moldeadas.	45
Figura 3.73: Compactación de la probeta.	46
Figura 3.74: Desmolde de probetas.	46
Figura 3.75: Probeta desmoldada.	46
Figura 3.76: Resto de las probetas utilizadas en el ensayo.	46
Figura 3.77: Agregado de agua para llevar la muestra a la humedad óptima.	46
Figura 3.78: Enrasado de la probeta	46
Figura 3.79: Curva Presión- Penetración para molde de 12 golpes.	48
Figura 3.80: Curva Presión- Penetración para molde de 25 golpes.	48
Figura 3.81: Curva Presión- Penetración para molde de 56 golpes.	49
Figura 3.82: Curva Densidad - Valor soporte (CBR).	49

Figura 3.83: Molde con probeta previo a ensayo.	49
Figura 3.84: Ejecución de ensayo.....	49
Figura 3.85: Curva granulométrica obtenida.	50
Figura 3.86: Muestra a ensayar.	50
Figura 3.87: Serie de tamices utilizados.....	50
Figura 3.88: Tamizado y muestras divididas según retenido de la serie utilizada.....	51
Figura 3.89: Ejecución del ensayo para determinar el índice de plasticidad.....	52
Figura 3.90: Extracción del testigo de la base.....	52
Figura 3.91: Medición de la altura del testigo.	52
Figura 3.92: Testigos encabezados.	53
Figura 3.93: Ejecución del ensayo.....	53
Figura 3.94: Llenado de carretilla con hormigón para ensayar.	55
Figura 3.95: Ejecución del ensayo de asentamiento.	55
Figura 3.96: Medición del asentamiento.	55
Figura 3.97: Control de la temperatura del hormigón.....	56
Figura 3.98: Llenado de probetas.	57
Figura 3.99: Enrasado de probetas.	57
Figura 3.100: Etiquetado de las probetas.....	57
Figura 3.101: Protección de probetas para posterior curado.....	57
Figura 3.102: Cámara de curado de probetas.....	57
Figura 3.103: Incidencia de los ítems en la base de suelo- 0-6 estabilizada.....	61
Figura 3.104: Incidencia de los materiales en la base suelo - 0-6 estabilizada.....	61
Figura 3.105: Incidencia de los ítem en la base H8.....	62
Figura 3.106: Incidencia de los ítems en la estructura completa del pavimento con base estabilizada.....	63
Figura 3.107: Incidencia de los ítems en la estructura completa del pavimento con base H8 ..	63
Figura 3.108: Sobreanchos para borde con cordón.....	65
Figura 3.109: Sobreanchos para borde con banquina.....	65
Figura 3.110: Representación de excavación no clasificada.....	69
Figura 3.111: Representación apertura de caja.....	69
Figura 3.112: Esquema y formulas del método de las áreas medias.....	69
Figura 3.113: Perfil correspondiente a la progresiva 0+011 de la rotonda.	70
Figura 3.114: Perfil correspondiente a la progresiva 0+170 de la rama indirecta Gama.	70
Figura 3.115: Representación área de terraplén.	73
Figura 3.116: Representación área de excavación.	73
Figura 4.1: Ubicación del asentamiento a relocalizar y del nuevo asentamiento.	77
Figura 4.2: Perfil tipo pavimento flexible de 7m de ancho.	78
Figura 4.3: Perfil tipo pavimento flexible de 6m de ancho.....	78
Figura 4.4: Esquema de bocacalle de la alternativa A.	79
Figura 4.5: Esquema de bocacalle de la alternativa B.	79
Figura 5.1: Rama Este-Norte (Gama) con Rama Norte-Oeste (Ferrocons).....	82
Figura 5.2: Rama Norte-Oeste (Ferrocons) con calzada principal de Av. Colón sentido Calera-Córdoba.....	82
Figura 5.3: Av. Colón sentido Calera-Córdoba con Rama Este Norte (Gama).	83
Figura 5.4: Primera etapa de desvíos.....	83
Figura 5.5: Segunda etapa del desvío.	84
Figura 5.6: Asentamiento a reubicar.....	84
Figura 5.7: Tercera etapa de desvíos.	85

Figura 5.8: Cuarta etapa de desvío.	86
Figura 5.9: Desvíos para vincular Av. Revolución Libertadores y Av. Ramón Carcano.	87
Figura 5.10: Estructura de la banquina.	92
Figura 5.11: Vista rotura de la banquina de estudio.	100
Figura 5.12: Detalle constructivo en unión pavimento-banquina.	101
Figura 5.13: Vista junta sin material de sellado.	102
Figura 5.14: Perfil longitudinal borde de calzada lado norte.	106
Figura 5.15: Perfil longitudinal eje de calzada.	106
Figura 5.16: Perfil longitudinal borde de calzada lado sur.	106
Figura 5.17: Vista desvío: viaducto Colón con Av Ejército Argentino.	107
Figura 5.18: Marcado de la zona a bachear con aerosol.	108
Figura 5.19: Zona previa al inicio del bacheo.	110
Figura 5.20: Aserrado de la carpeta de rodamiento a remover.	110
Figura 5.21: Escarificado de la base.	110
Figura 5.22: Compactado de la subbase.	111
Figura 5.23: Pala cargadora mezclando la base.	111
Figura 5.24: Distribución de la base suelo – arena - cemento.	111
Figura 5.25: Compactado de la base.	111
Figura 5.26: Aplicación de la imprimación.	112
Figura 5.27: Vista base compactada.	112
Figura 5.28: Colocación de la mezcla asfáltica.	112
Figura 5.29: Distribución manual del material previo paso del compactador.	112
Figura 5.30: Compactación de la carpeta de asfalto.	113
Figura 5.31: Vista bacheo finalizado.	113
Figura 5.32: Orden de Compra.	113

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Ensayo de Densidad.	42
Tabla 3.2: Comparación densidad obtenida en el ensayo y densidad máxima proctor.	42
Tabla 3.3: Ensayo proctor.	45
Tabla 3.4: Ensayo de hinchamiento.	47
Tabla 3.5: Resultados ensayo de penetración.	48
Tabla 3.6: Ensayo de granulometría.	50
Tabla 3.7: Cálculo del Límite líquido.	51
Tabla 3.8: Cálculo del límite plástico e índice de plasticidad.	52
Tabla 3.9: Resultados de ensayo a compresión simple.	58
Tabla 3.10: Cómputo del material para la subbase.	65
Tabla 3.11: Cómputo del material para la base estabilizada.	66
Tabla 3.12: Cómputo del volumen de hormigón.	67
Tabla 3.13: Cómputo de los elementos de las juntas.	67
Tabla 3.14: Cómputo del antisol y el sellado de juntas.	68
Tabla 3.15: Cómputo del volumen de suelo para la subrasante.	68
Tabla 3.16: Computo del volumen de excavación en rama indirecta Gama.	71
Tabla 3.17: Computo del volumen de excavación en rama indirecta Ferrocons.	71
Tabla 3.18: Computo del volumen de excavación en rotonda.	72
Tabla 3.19: Tabla resumen.	73
Tabla 5.1: Confiabilidad del diseño.	90
Tabla 5.2: Desvío Estándar.	91
Tabla 5.3: Resumen con las características de cada capa.	95
Tabla 5.4: Relevamiento del tránsito para días hábiles.	96
Tabla 5.5: Relevamiento del tránsito para días no hábiles.	96
Tabla 5.6: Determinación del TMDA.	97
Tabla 5.7: Determinación del factor de contribución.	98
Tabla 5.8: Superficie bacheada y Nº de ejes equivalentes en banquina rama directa Gama. ...	99
Tabla 5.9: Control de pendiente longitudinal en borde de calzada lado norte.	104
Tabla 5.10: Control de pendiente longitudinal en eje central de la rampa.	104
Tabla 5.11: Control de pendiente longitudinal en borde de calzada lado sur.	105
Tabla 5.12: Control de pendiente transversal en calzada norte.	105
Tabla 5.13: Control de pendiente transversal en calzada sur.	105
Tabla 5.14: Relevamiento y computo del mantenimiento.	109

RESUMEN

El presente informe resume los trabajos realizados durante la Práctica Supervisada para cumplimentar con los requerimientos y adquirir el título de Ingeniero Civil en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

La Práctica Supervisada fue desarrollada en la empresa Benito Roggio e Hijos S.A. en la obra "Nudo vial El Tropezón".

En el Capítulo 1 se realiza una introducción al trabajo realizado durante la Práctica Supervisada.

En el capítulo 2 se presenta la ubicación geográfica de la obra y se hace una descripción de la de la misma

En el capítulo 3 se realiza una descripción del proceso constructivo del pavimento rígido, las características de cada una de las capas del paquete estructural, una comparación económica entre dos materiales para la base. Por último, se realiza un cómputo de los elementos del pavimento.

En el capítulo 4 se efectúa el diseño de las juntas de los pavimentos de hormigón y el diseño de las bocacalles del barrio de viviendas.

En el capítulo 5 se describe el sistema de desvío utilizado, su importancia y la situación que se presentó al momento de la realización de la práctica. Además, se realiza un estudio técnico sobre una de las banquetas de asfalto. Se efectúa el diseño del desvío provisorio que vincula el viaducto Colón con la Avenida Ejército Argentino. Por último, se describe el mantenimiento realizado sobre los desvíos.

Finalmente en el capítulo 6 se exponen las principales conclusiones a las que se arribó.

Capítulo 1 - INTRODUCCIÓN

El presente informe resume los trabajos realizados durante la Práctica Supervisada del alumno Facundo Lenardón, para cumplimentar con los requerimientos y adquirir el título de Ingeniero Civil en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

La Práctica Supervisada fue desarrollada en la empresa Benito Roggio e Hijos S.A. entre los meses de marzo y mayo de 2015. El alumno asistió a una de las obras realizadas por la empresa: "Nudo vial El Tropezón". Obra que forma parte del cierre del arco noroeste de la avenida de Circunvalación, perteneciente a la Red de Accesos a la ciudad de Córdoba (R.A.C). La misma es realizada bajo la figura legal de un Consorcio de Cooperación con la empresa Electroingeniería S.A. Las tareas fueron realizadas en la oficina técnica de la obra, de lunes a viernes, cumpliendo un horario de 8:00 a 13:00 horas.

Los tutores designados para el seguimiento del alumno durante la ejecución de la Práctica Supervisada fueron el Mg. Ing. Miguel Rico por parte de la Universidad Nacional de Córdoba y el Ing. Néstor Magi por parte de la empresa.

Las actividades del alumno dentro de la empresa fueron asignadas por el Tutor Externo, el Ing. Magi y por el jefe de la oficina técnica de la obra previamente mencionada, Arq. Marcelo Cariddi y demás ingenieros integrantes de la oficina.

El alumno participó en múltiples actividades relacionadas con la construcción de los pavimentos tanto rígidos como flexibles. En su mayoría consistieron en soluciones a inconvenientes que se presentaron en desarrollo de la obra, adaptaciones del proyecto original a los condicionantes que surgieron durante la construcción y cómputo de materiales para la ejecución de las tareas y cómputo para realizar los certificados correspondientes.

Los resultados de la Práctica Supervisada fueron volcados en el presente Informe.

A continuación se presenta un resumen con el contenido que se detalla en cada capítulo.

En el capítulo 2 se realiza una presentación de la obra, con su ubicación, descripción de la zona del nudo vial y de la zona del obrador. Además, se presenta los datos contractuales como también las características generales de la obra.

En el capítulo 3 se realiza una descripción del proceso constructivo del pavimento rígido. Detallando los perfiles tipos de las calzadas construidas durante el desarrollo de la práctica, las características de cada una de las capas del paquete estructural, las particularidades que se presentaron en la construcción de estos pavimentos y los controles realizados. Además, se presenta una comparación económica entre dos materiales para la base, esto se debe a que se modificó la estructura que estaba definida

en el proyecto. Por último, se realiza un cómputo de los elementos del pavimento, tanto para el abastecimiento previo a la construcción, como para la certificación posterior a la misma.

En el capítulo 4 se realiza el diseño de las juntas de los pavimentos de hormigón construidos durante la realización de la práctica. Conjuntamente, se efectúa el diseño de las bocacalles del barrio de viviendas que se construyó para reubicar el asentamiento que ocupaba parte de la zona de obra.

En el capítulo 5 se describe el sistema de desvío utilizado en la obra con sus diferentes etapas, su importancia y la situación que se presentó al momento de la realización de la práctica. Además, se realiza un estudio técnico sobre una de las banquetas de asfalto debido a que se deterioró de manera prematura. Se efectúa el diseño del desvío provisorio que vincula el viaducto Colón con la Avenida Ejército Argentino. Por último, se describe el mantenimiento realizado sobre los desvíos y su certificación correspondiente.

Finalmente en el capítulo 6 se exponen las principales conclusiones a las que se arribó luego de la experiencia laboral durante la Práctica Supervisada.

Capítulo 2 - DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

2.1. UBICACIÓN DE LA OBRA Y DEL OBRADOR

La obra denominada: "Cierre Avenida de Circunvalación A019 a la ciudad de Córdoba. Tramo: Distribuidor Ruta Provincial N°5 – Distribuidor Avenida Spilimbergo. Sección N°2: Ruta Nacional N° 20 – Ruta Provincial N°E55", se encuentra emplazada al oeste de la ciudad de Córdoba Capital, formando parte de una de las obras necesarias para el cierre del arco noroeste de la Av. circunvalación. También es llamado "Intercambiador vial "El Tropezón"".

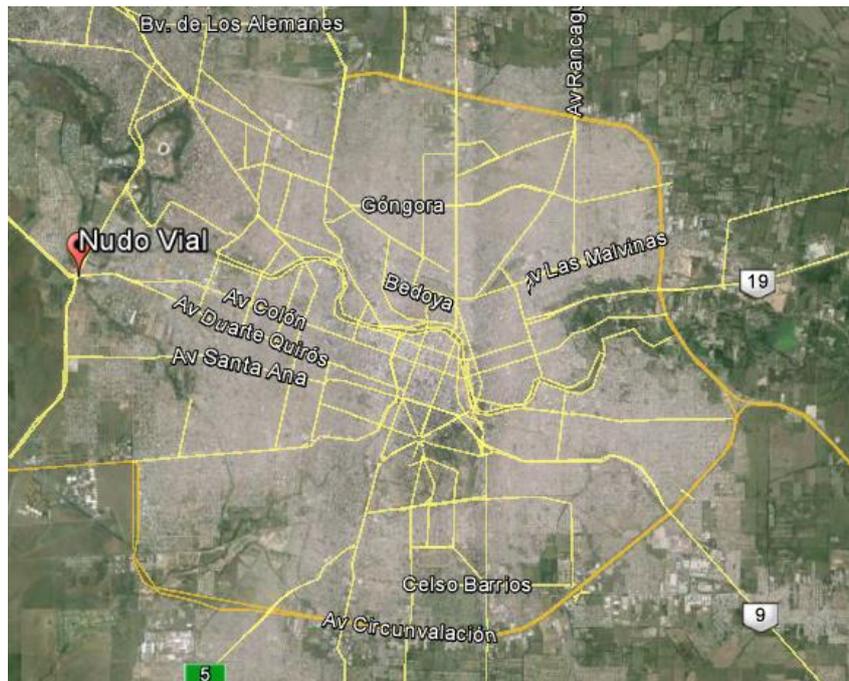


Figura 2.1: Ubicación de la Obra

El nudo vial "El Tropezón" conectará las secciones dos y tres, de los siguientes tres tramos:

- Sección N°1: Ruta Provincial N° 5 – Ruta Nacional N° 20
- Sección N°2: Ruta Nacional N°20 – Avenida Colon (El Tropezón)
- Sección N°3: Avenida Colon – Avenida Spilimbergo.

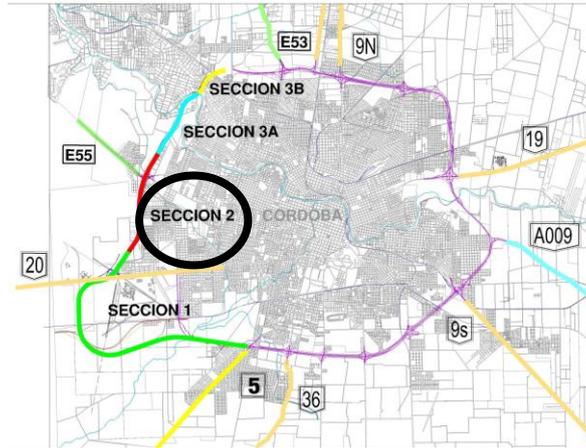


Figura 2.2: Indicación de las secciones unidas con el obra.

Dada la tipología urbana de la obra, la ubicación del obrador fue determinante para organizar todas las tareas. Se encuentra ubicado a una distancia de aproximadamente 700 metros de la zona de obra en el nudo vial.



Figura 2.3: Ubicación de la obra y del obrador.

El obrador, se encuentra cercado y organizado en 2 sectores bien definidos:

- Sector administración, oficinas técnicas, laboratorio y espacio para operarios.
- Sector taller de maquinaria y equipos.

Dicha sectorización se puede observar en la siguiente imagen.



Figura 2.4: Sectores del obrador

2.2. DATOS CONTRACTUALES

El Comitente de la obra es el Gobierno de la Provincia de Córdoba y el contratista es el Consorcio de Cooperación "Benito Roggio e Hijos S.A. y Electroingeniería S.A."

Los datos del contrato son:

- Monto del contrato es de \$350.000.000.
- Fecha del contrato: 2 de Noviembre de 2011
- Fecha de inicio de obra: 20 de Mayo de 2013

2.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES

El proyecto contempla las obras de las Sección 2 del Distribuidor de Avda. Colón (Pr.41+700 de Avda. Circunvalación) del tramo de la Avda. de Circunvalación – RN A 019 – correspondiente al Arco Oeste comprendido entre el Intercambiador de la Ruta Provincial N° 5 (Pr.24+500) y el Intercambiador de la Av. Spilimbergo (Pr.46+900).

La longitud aproximada de intervención sobre Avda. Circunvalación (Cárcano) es de 1100m y sobre Avda. Colón es de aprox. 1500m incluyendo el nuevo ingreso al Barrio Militar.

Es necesario completar esta avenida para no obligar al tránsito pasante por la ciudad a ingresar a la misma, con las consecuencias lógicas de pérdida de tiempo y dinero. Además, motiva esta obra, la necesidad de separar los distintos movimientos de la intersección: Los que salen de Córdoba por Colón hacia la localidad de "La Calera", y los que circulan por Circunvalación, disminuyendo así, los lógicos accidentes que se generan.

Se puede observar en la foto a continuación, el estado anterior al inicio de las obras del nudo vial. Se trata de una intersección a nivel semaforizada, que vinculaba las Avenidas Colón – Ramón Cárcano y Av. Ejército Argentino, en donde los conductores deben esperar su turno para poder cruzar.



Figura 2.5: Vista rotonda previa al inicio de la obra.



Figura 2.6: Vista aérea previa al inicio de la obra.

Cuando la obra sea finalizada, los conductores se encontrarán con un intercambiador de tres niveles:

- **Tercer Nivel:** Avda. Colón, pasa en viaducto con una longitud de viaducto de 160 m conformada por cuatro tramos de puente de 25 m de longitud cada uno y dos de treinta m en los extremos.
- **Segundo Nivel:** La Avda. Circunvalación pasa con dos puentes, de aproximadamente 30 m de longitud cada uno, sobre la rotonda de distribución de giros a la izquierda, ubicada en el primer nivel. El ancho de los puentes está previsto de tres carriles teniendo en cuenta el futuro tercer carril de la Avda. Circunvalación.
- **Primer Nivel:** Aquí, se encuentran la rotonda de distribución de movimientos de a la que confluirán cuatro ramas de ingreso y cuatro de egreso de los movimientos de Circunvalación hacia Av. Colón – Ejército Argentino y viceversa.

A continuación se observan imágenes del proyecto, de obra en ejecución y de la misma terminada y de la inauguración del viaducto Colón.



Figura 2.7: Render del proyecto final.



Figura 2.8: Vista aérea de la obra en la actualidad.



Figura 2.9: Vista previa a inauguración rotonda Norte y ramas indirectas de rotonda.



Figura 2.10: Vista viaducto Colón en la noche de la inauguración.



Figura 2.11: Vista viaducto Colón Terminado.

Capítulo 3 - PAVIMENTOS RIGIDOS

3.1. INTRODUCCIÓN

Los pavimentos rígidos son aquellos que se ejecutan teniendo como material fundamental el hormigón, estos son una estructura lineal con una sección transversal que se repite en casi toda su extensión, y que se encuentra modulada por paños de dimensiones finitas, vinculado entre sí por medio de juntas.

En el nudo vial "El Tropezón", casi la totalidad de los pavimentos corresponden a este tipo y solo una pequeña cantidad son del tipo flexible.

En el presente capítulo se detallaran los perfiles tipos de los pavimentos ejecutados en el momento de la realización de la Práctica Profesional Supervisada, las características del paquete estructural, el proceso productivo seguido, los controles que se realizaron,º tanto a los materiales, como también a las capas. Además, se desarrolla una comparación económica entre dos materiales de la base. Por último se detalla el cómputo realizado sobre los materiales utilizados en el pavimento.

3.2. PERFILES TIPOS

Se ejecutaron tres tramos de pavimento rígido durante el desarrollo de la Práctica Profesional Supervisada, que corresponden a los siguientes sectores:

- Rama indirecta RR-EN también denominada Rama indirecta Gama
- RR-NO: también llamada rama indirecta Ferrocons.
- Sector Norte de la rotonda.

Tales tramos están indicados en la siguiente figura:

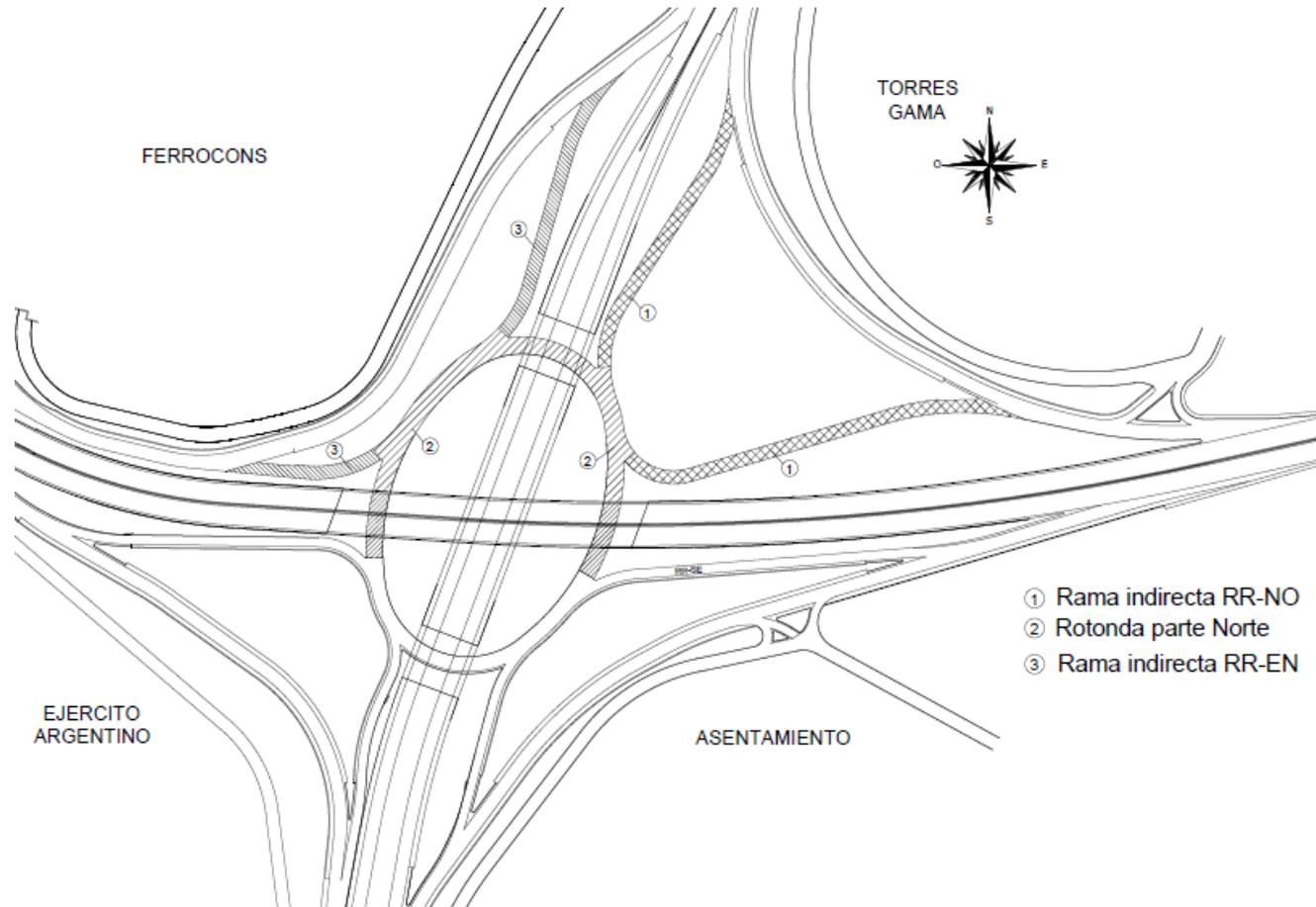


Figura 3.1: Pavimentos ejecutados durante la Práctica Profesional

Dichas ramas tienen los siguientes perfiles tipos:

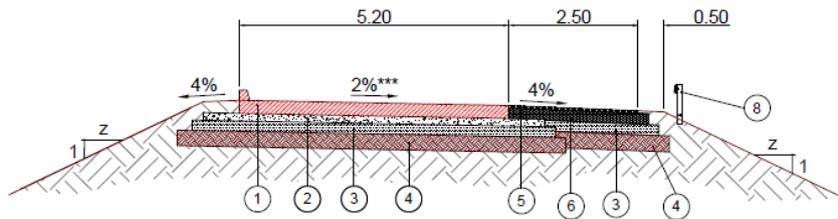


Figura 3.2: Perfil tipo Ramas Indirectas.

REFERENCIAS

1. Pavimento de hormigón e=0,25 mts.
 2. Base de suelo 0-6 cemento e=0,15 mts.
 3. Subbase suelo 0-6 e=0,20 mts.
 4. Base de asiento e= 0,30 mts.
 5. Carpeta de Concreto asfáltico e=0,05mts.
 6. Sub-base granular para banquina e=0,2m
 8. Defensa metálica de seguridad tipo flex beam
- *** Variable según Peralte

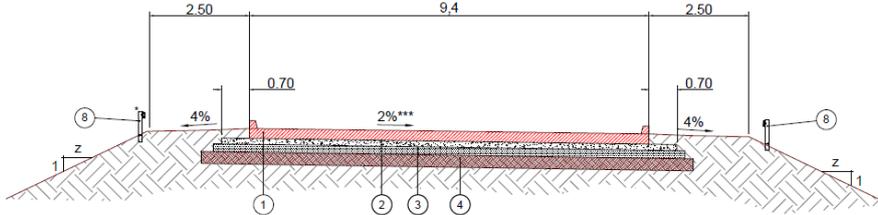


Figura 3.3: Perfil tipo Rotonda.

REFERENCIAS

1. Pavimento de hormigón e=0,25 mts.
 2. Base de suelo 0-6 cemento e=0,15 mts.
 3. Subbase suelo 0-6 e=0,20 mts.
 4. Base de asiento e= 0,30 mts.
 5. Carpeta de Concreto asfáltico e=0,05mts.
 6. Sub-base granular para banquina e=0,2m
 8. Defensa metálica de seguridad tipo flex beam
- *** Variable según Peralte

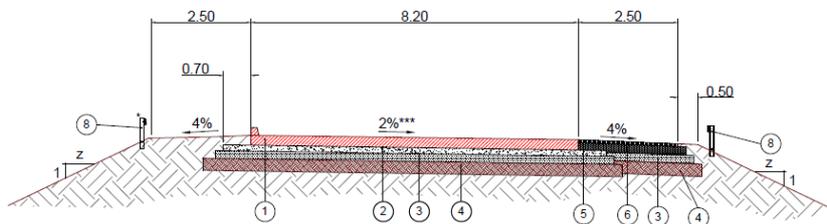


Figura 3.4: Perfil tipo Rotonda.

REFERENCIAS

1. Pavimento de hormigón e=0,25 mts.
 2. Base de suelo 0-6 cemento e=0,15 mts.
 3. Subbase suelo 0-6 e=0,20 mts.
 4. Base de asiento e= 0,30 mts.
 8. Defensa metálica de seguridad tipo flex beam
- *** Variable según Peralte

Para las ramas indirectas se utilizaron calzadas de hormigón de 5,2m de ancho con banquinas de asfalto de 2,5m con una pendiente transversal de 4%. En el lado que no tiene banquina se ejecutó un cordón de 0,2m de ancho y 0,15m de alto.

Para la rotonda se utilizaron dos perfiles, el de la figura 3.3 corresponde a los sectores debajo del viaducto colon y debajo del puente que se utilizara para la Av Carcano, el de la figura 3.4 corresponde al resto de la rotonda. El primero tiene una calzada de hormigón de 10m de ancho limitada por cordones, el segundo tiene una losa de hormigón de 8,2 m de ancho y una banquina de asfalto de 2,5 m.

3.3. PAQUETE ESTRUCTURAL

A continuación se detallara las características de las capas y de los materiales utilizados en cada una de las capas de los pavimentos de hormigón antes indicados.

3.3.1. Subrasante o base de asiento

La ejecución de la base de asiento consiste en mejorar el suelo existente quedando de esta manera definida la superficie de apoyo y soporte de toda la estructura del pavimento. Ejecutada con suelo tipo A4 del lugar y compactada en dos capas de 0,15 m, logrando el espesor final especificado de 0,3 m.

El suelo empleado en la construcción de la subrasante no debe contener ramas, troncos, matas de hierbas, raíces u otros materiales orgánicos. Además, debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Límite Líquido: no mayor de 30
- Índice Plástico: no mayor de 10
- Sales totales: menor a 0,9 %
- Sulfatos: menor a 0,3 %

3.3.2. Subbase

Es la capa ubicada entre la subrasante y la base, tiene la función de mejorar el drenaje y proveer una adecuada superficie de trabajo. Es de menor calidad que la base debido a que las solicitaciones son menores.

Realizada con una mezcla de suelo seleccionado del lugar y triturado 0-6. La composición de la mezcla es 70% de suelo y 30% del triturado y tiene un espesor de 0,2m. El suelo seleccionado no debe contener suelo vegetal ni sustancias perjudiciales y el material granular deberá ser de granos duros y sin sustancias perjudiciales.

El contenido de sales, las constantes físicas y su granulometría de cada material por separado deben ser tales que mezclado con los demás materiales intervinientes en la mezcla haga cumplir las especificaciones de la misma al respecto.

Las características granulométricas de la mezcla son:

Tamiz	% Pasante
1 ½"	100
1"	100
3/8"	80-100
Nº 4	50 - 85
Nº100	20 - 40
Nº 200	10.-20

Las constantes físicas de la misma son:

- Límite Líquido: no mayor de 25
- Índice Plástico: entre 2 y 6
- Relación de Finos: menor de 0,66

La Relación de Finos se define como:

$$Relación\ de\ Finos = \frac{Pasa\ tamiz\ N^{\circ}\ 200}{Pasa\ Tamiz\ N^{\circ}\ 40}$$

3.3.3. Base Estabilizada

3.3.3.1. Características de la Base granular empleada

Es la capa ubicada inmediatamente debajo de la calzada de hormigón. Su función primordial es la prevención de la erosión de la interfaz losa-apoyo. Además de esta función principal, su incorporación a la estructura del pavimento brindará los siguientes beneficios: mejora la distribución de cargas, reduciendo las tensiones en las capas inferiores de la estructura; contribuye al drenaje subsuperficial del agua de infiltración, protege los suelos de la subrasante, frente a posibles heladas; genera una plataforma de trabajo adecuada para el colado del hormigón.

La base se construyó con una mezcla de suelo, triturado 0-6 y cemento Portland generando un espesor de 0,15m. Las proporciones de la mezcla son 70% de suelo y 30% de 0-6 y 6% de cemento.

Los componentes de la mezcla tendrán las mismas características que la mezcla utilizada en la subbase.

Se utilizó Cemento Portland normal (Norma IRAM 1503). Como se mencionó anteriormente, se adiciono como mínimo un 6% de cemento. El cemento fue provisto por la empresa HOLCIM.

3.3.3.2. Mejoras en la estabilización de bases

En las bases estabilizadas, los materiales se encuentran ligados con cemento. Su principal beneficio radica en el incremento significativo de su resistencia a la erosión, y en que provee un soporte uniforme y resistente. Además, el empleo de una base de este tipo incrementa la rigidez de la fundación, lo cual contribuye a la reducción de las tensiones y deflexiones generadas en la calzada de hormigón por acción de las cargas de tránsito.

El incremento de la rigidez también resulta beneficioso en el comportamiento a largo plazo de las juntas del pavimento, contribuyendo a mantener la eficiencia en la transferencia de carga en las juntas transversales de contracción.

Otra particularidad de las bases cementadas es que proveen una excelente plataforma de trabajo bajo cualquier condición climática, lo que permite obtener pavimentos con mejor regularidad superficial.

Sin embargo, debe tenerse presente que esta mayor rigidez provoca un aumento de las tensiones asociadas a los alabeos por los gradientes de humedad y temperatura. Es por ello que en este tipo de bases debe limitarse tanto la resistencia como el espesor, dado que involucran un incremento significativo de la rigidez de apoyo, pudiendo general problemas asociados con las mayores tensiones de alabeo, tanto a edad temprano como en servicio.

Además, si la rigidez es muy elevada, las fisuras que se generaran en la base por contracción por secado pueden reflejarse en la losa del pavimento. Para ello, se debe romper la adherencia con la calzada de hormigón y lograr una terminación superficial lo más lisa posible, a fin de evitar la generación de una traba mecánica y de independizar los movimientos de la losa con los de la base.

3.3.4. Losa de Hormigón

La calzada de hormigón conforma la capa superior del pavimento y es la responsable de proporcionar las características funcionales y en gran medida, la capacidad estructural requerida. Desde el punto de vista funcional, será la encargada de brindar las características superficiales necesarias (drenaje superficial, fricción y regularidad) que permitan una conducción segura y confortable. Desde el punto de vista estructural, debe brindar la resistencia suficiente para soportar las cargas durante el periodo en servicio, en tanto que funcionará además como barrera impermeable para las capas inferiores del pavimento, minimizando el ingreso de agua desde la superficie hacia el interior de la estructura.

El hormigón es provisto por la empresa Hormi-Block, dicha empresa tiene tres plantas elaboradoras. La planta que provee el hormigón a la obra está ubicada en el predio de "Ciudad Gama" situado en Colón al 5000, a aproximadamente 2 km de la obra.

La losa tiene un espesor de 0,25m y construida con H-35. Los requisitos de calidad cumplimentados en la ejecución del hormigón fueron:

- Relación agua cemento: igual ó menor a 0,48
- Cantidad mínima de cemento: 325 Kg/m³.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso: 53 a 4,75 mm.

Con el objeto de evitar el agrietamiento irregular de las losas, se ejecutaron *juntas* transversales o *de contracción*, estas permiten controlar la formación de fisuras intermedias en las losas, tanto a edad temprana como en servicio. Se materializaron por debilitamiento de la sección de hormigón (por aserrado), para inducir en este lugar las fisuras debidas a los cambios dimensionales de la losa. En estas juntas para mejorar la transferencia de cargas se colocaron pasadores, estos son barras de acero (ADN 420) lisas que no restringen el movimiento horizontal de las losas, pero colaboran en la disminución de tensiones y deflexiones en el hormigón, reducen el potencial de escalonamiento, bombeo y la rotura de esquinas de las losas. Los pasadores se colocaron empotrados en una losa y libres en la otra (engrasado).

Otro tipo de juntas transversales son las de construcción, estas se efectúan al final de una jornada o en interrupciones programadas, para su materialización se utilizaron moldes en sentido transversal tal como se observa en la siguiente figura. En estas juntas es obligatorio el uso de pasadores de acero para la transferencia de carga.



Figura 3.5: Vista junta de construcción.

Las características de los pasadores son:

Características de los Pasadores	
Diámetro	25 mm
Longitud (juntas transversales)	45 cm
Longitud (juntas de construcción)	55 cm
Separación	25 cm

En relación a las juntas transversales, el pliego establece:

- El ancho de aserrado primario en ningún caso excederá los 5 mm.
- La distancia máxima entre juntas transversales será de 4,50 m.
- Profundidad de aserrado 1/3 del espesor de la losa.

Cuando se ejecutan dos o más carriles en simultáneo, como sucedió en el caso de la rotonda analizada, se debe ejecutar las *juntas longitudinales o de articulación*. Al igual que las juntas transversales, deben ser aserradas y selladas para impedir el ingreso de agua a la estructura. La transferencia de carga se materializó mediante barras de unión que mantienen unida la junta. Estas barras de acero ADN 420 son nervuradas y se empotran en ambos lados, para que la losa trabaje en forma monolítica. Las características de estas barras son:

Características de los Barras de Unión	
Diámetro	12 mm
Longitud	70 cm
Separación	75 cm

Todas las juntas deben ser selladas para minimizar el ingreso de agua a la estructura del pavimento y evitar el ingreso de materiales incompresibles que puedan generar deterioro.

3.4. PROCESO CONSTRUCTIVO

A continuación se detallara el proceso constructivo seguido para la ejecución de los pavimentos de la Ramas indirecta RR-EN, RR-NO y del sector Norte de la rotonda.

En cada una de las tareas que se explicara a continuación estuve presente con el ingeniero a cargo de la obra, en donde me explicaba cuáles eran los controles en el proceso productivo, cuáles eran los detalles a tener en cuenta en cada etapa, como así también una explicación del porqué de los métodos empleados de sus ventajas y desventajas.

Todo esto me permitió sumar conocimiento de los métodos de construcción de pavimentos a los ya adquiridos durante el estudio de la carrera de Ingeniería Civil. Pero también, ganar experiencia que es sumamente importante para poder desenvolverse como ingeniero en una obra. Esta experiencia juega un papel fundamental a la hora de decidir qué recursos utilizar, como hacerlo y en qué momento. Ayuda a poder prever con mayor certeza los tiempos de trabajo. La misma surge de estar, observar y entender cómo se trabaja en una obra, comprender como son las relaciones entre las personas que participan de la misma, de cometer errores y, sobre todo, de relacionarse directamente con gente dentro del ámbito laboral. Este último aspecto es uno de los desafíos más complejos que tiene un ingeniero a la hora de afrontar una obra.

3.4.1. Subrasante o base de asiento

Para la ejecución de la subrasante se debe realizar lo que se denomina *Apertura de caja*. Esta hace referencia a la excavación del terreno natural hasta la cota de fundación de la subrasante y de un ancho igual al de la estructura del pavimento.

Se habla de excavación y no de terraplén porque en toda la calzada analizada la cota del terreno natural estaba por encima de la cota de la rasante.

Al momento de realizar la Práctica Profesional supervisada, la apertura de caja estaba realizada debido a que los sectores por donde pasa el pavimento se utilizaba como caminos internos de la obra. Lo que faltaba realizar, y se hizo en el transcurso de la práctica, fue el perfilado y la compactación.

El proceso que se siguió fue: escarificar mediante el uso de la motoniveladora la zona del camino de obra donde se debía ejecutar el pavimento, como se observa en la figura 3.6.



Figura 3.6: Escarificado de la sub-rasante.

En el caso en que el escarificado no permita llegar hasta la cota de fundación de la subrasante se debe quitar el material suelto con una pala cargadora frontal y luego volver a escarificar.

Realizado el escarificado se debe proceder a realizar la compactación. Para ello se necesita que el material tenga la humedad óptima, esta se logra mediante el agregado de agua con camiones regadores si es que la humedad natural del suelo es menor a la óptima, en caso contrario, es decir, que la humedad del suelo sea mayor la óptima se procede a agregar cal para bajar la humedad del material. La cal se adquiere en bolsones y se distribuye mediante el uso de una motoniveladora, como se observa en la figura 3.7



Figura 3.7: Distribución de la cal con motoniveladora.

La reducción de humedad mediante el uso de cal se produce por dos motivos, por un lado el proceso de hidratación de los óxidos de calcio y su conversión en hidróxidos de calcio consumen el agua disponible en el suelo, y por otro lado la reacción que se produce es exotérmica, el propio calor producido en la hidratación facilita la evaporación del exceso de humedad. Estos efectos solo se producen cuando se aplica la cal viva en polvo.

Colocada el agua o la cal necesaria, se procedió a uniformizar el suelo mediante el uso de la rastra. La compactación se realizó con compactadores tipo pata de cabra estático

(no vibradores) tal como se puede ver en la figura 3.8. Como se mencionó anteriormente, la capa de la base de asiento tiene un espesor de 0,3m por lo que se compacto en dos capas de 0,15m. Con este compactador se efectuó 6 o 7 pasadas, luego se realizó unas pasadas con un compactador pata de cabra vibratorio, hasta lograr la densidad máxima.



Figura 3.8: Compactación de la sub-rasante con compactador tipo pata de cabra.

Lograda la máxima densidad, se realizó el corte de la base de asiento, esto permite alcanzar la cota correspondiente al proyecto. Para determinar la altura final de la subrasante, y en general para todas las capas, lo que se hizo fue: el topógrafo a partir de sus puntos de referencia y los georreferenciados definidos en el proyecto estableció la cota de la subrasante. Luego un operario coloco estacas en el terreno (3 por calzada alineadas) en las cuales la cabeza de la estaca coincide con la cota superior de la capa (verificada por el topógrafo) y en el extremo le coloca un bola de cal, de esta manera cuando la motoniveladora enraza la cabeza de la estaca queda una marca blanca visible por el operario y le indica que llego a la cota necesaria.



Figura 3.9: Colocación de la estaca.



Figura 3.10: Nivelado de la estaca.

3.4.2. Subbase

Una vez ejecutada, nivelada y aprobada la subrasante, se carga el material de la subbase, para ser distribuido y compactado. Para poder realizar la carga y lograr el espesor especificado de la capa sin derroches ni escases de material, el topógrafo debe colocar "las estacas de carga", estas son estacas de madera colocadas sobre la subrasante que tiene un alto igual al de la capa compactada que se desea construir más unos centímetros que corresponden al esponjamiento del material, esto se debe a que el material se carga en estado suelto y el espesor final corresponde al estado compactado. Para esta capa que tiene un espesor de 0,2m le corresponde una estaca de carga de aproximadamente 0,22m.

Como se mencionó anteriormente, el material empleado en esta capa está compuesto de un 70% de suelo y un 30% triturado 0-6, de modo que la mezcla se puede hacer de dos formas:

- a) **En cancha de mezclado:** Es un sitio de la obra que se lo utiliza para el mezclado de diferentes materiales logrando un compuesto uniforme. Tiene las siguientes ventajas:
- Liberar la zona del camino donde se va a utilizar la mezcla, permitiendo acortar tiempos de construcción debido a que mientras se ejecuta el mezclado se puede construir las capas inferiores del paquete estructural.
 - Permite generar grandes volúmenes de material, debido a que en general son de grandes dimensiones lo que disminuye el número de ensayos y controles a esa mezcla.

La principal desventaja es que se requiere de un espacio físico libre en la zona de obra, lo que muchas veces no es posible.

- b) **En el lugar del camino:** es decir en el mismo lugar donde luego se compactara y se construirá el pavimento de hormigón. Este tiene la ventaja de no requerir espacio extra, pero las desventajas de que los volúmenes de mezcla obtenidos están condicionados por el tamaño del camino, generando menores cantidades que en una cancha de mezclado.

En el nudo vial el Tropezón, se generaron diferentes canchas de mezclados en las que se produce la homogenización del suelo y el triturado 0-6. Dicho compuesto se lo utiliza para los terraplenes de accesos al viaducto, subbase y base (con el posterior agregado de cemento) de todos los pavimentos de hormigón. Con lo que los volúmenes necesarios son muy elevados aumentando las ventajas de este método.

El proceso de obtención de la mezcla es el mismo, ya sea si se genera en una cancha de mezclado o en el mismo lugar del camino y se detallara a continuación. En el tramo estudiado se utilizó el primer método, es decir, la mezcla se la obtuvo en una cancha de mezclado. Para ello lo primero que se hizo fue buscar un sitio de grandes dimensiones y

que no se lo necesite en el corto plazo, ubicado el lugar se retiró el terreno natural con una pala cargadora frontal como se observa en la figura 3.11 y se lo nivelo lo máximo posible con una motoniveladora.

Una vez que el terreno está limpio y nivelado, la cancha de mezclado esta apta para recibir los materiales y luego mezclarlo. Los materiales son trasladados en camiones hacia la cancha de mezclado y descargados en montículos unos seguidos del otro como se ve en la figura 3.12 de tal manera que sea más fácil su distribución y no se derroche material. Primero se descarga el suelo se lo nivela, luego se descarga el triturado 0-6 en la proporción correspondiente y también se lo nivela con la motoniveladora.

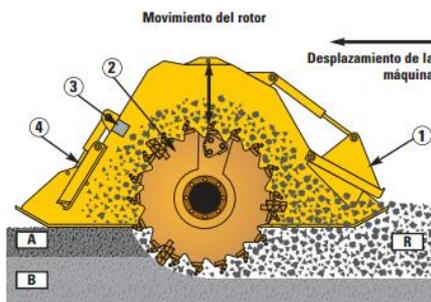


Figura 3.11: Extracción del terreno natural con pala cargadora frontal.



Figura 3.12: Montículos de triturado 0-6 sobre suelo ya nivelado.

El mezclado de los materiales se realizó mediante el uso de una máquina denominada recicladora, el modelo es una Caterpillar RM 50. La máquina contiene un tambor que se introduce en el material que se desea mezclar, el material que ingresa dentro de este tambor se encuentra con un rotor que lo homogeniza y lo vuelve a dejar en la cancha.



- | | |
|----------------|----------------------------------|
| A- Suelo | 1- Compuerta trasera ajustable |
| B- Tritura 0-6 | 2- Rotor |
| R- Reciclado | 3- Barras rompedoras |
| | 4- Compuerta delantera ajustable |

Figura 3.13: Esquema del tambor o cámara de reciclado.



Figura 3.14: Reciclado en cancha de mezclado.

Finalizado el mezclado en toda la cancha, se cargó el material a un camión con una pala cargadora y se lo traslado al lugar donde se va a realizar la subbase. En el lugar, se riega la base de asiento con un camión regador. El riego se realizó para poder lograr la humedad óptima del material de la subbase que se va a descargar.



Figura 3.15: Regado de la base de asiento previa descarga de la subbase.

Realizado el riego, se descargó la mezcla proveniente de la cancha de mezclado inicialmente en montículos unos seguidos del otro como se ve en la figura 3.16. Luego se entendió el material con motoniveladora.



Figura 3.16: Descarga de la mezcla en el sector del camino.



Figura 3.17: Vista de montículos de material de la subbase.

Conocida la humedad del material puesto en la obra y la humedad óptima necesaria para llegar a la máxima compacidad podemos saber qué cantidad de agua le está haciendo falta al material para alcanzar la densidad máxima. Por ello, luego de distribuir uniformemente el material de la subbase, con un camión regador se riega el terreno colocándole la cantidad de agua necesaria para alcanzar esta humedad óptima.

Lograda la humedad optima, se uniformizó el material mediante el uso de una rastra propulsada por un tractor, tal como se observa en la figura 3.19.



Figura 3.18: Distribución de la mezcla con motoniveladora.



Figura 3.19: Mezclado del material con rastra.

Como se trata de un material fino, la compactación se realizó mediante una primera pasada con rodillos pata de cabra estáticos tal como se observa en la figura 3.20, luego otra pasada con rodillo vibratorio compuesto de un cilindro metálico con tacos y dos ruedas de goma como se aprecia en la figura 3.21 y por último, luego del cortado, se lo termina con un rodillo liso neumático (figura 3.22). El rodillo debe progresar en forma gradual desde el punto bajo de los costados hacia el centro de la vía en construcción, traslapando cada pasada con la precedente en por lo menos la mitad del ancho del rodillo.



Figura 3.20: Rodillo pata de cabra estático compactando subbase.



Figura 3.21: Compactador de cilindro metálico con tacos y dos ruedas de goma.



Figura 3.22: Rodillo neumático liso



Figura 3.23: Motoniveladora cortando la subbase.

El número de pasadas depende del material con el que se trabaje y de los equipos con los que se trabaje. Pero rondaron en 6 a 8 pasadas por cada compactador, cabe notar que cada tramo de trabajo tenía una longitud de 150 m aproximadamente.

La subbase tiene un espesor de 0,2m y se hizo en una sola capa, por este motivo es muy importante que, cuando se termine de compactar, el espesor sea un poco mayor a 0,2m y no menor, para poder realizar el corte de la base con la motoniveladora y llegar hasta los 0,2m requeridos. Para determinar la altura final de la subbase se procedió como en la subrasante, es decir se realizó el corte de cabeza de estaca con motoniveladora.



Figura 3.24: Vista de la subbase nivelada y corte de cabeza de estaca.



Figura 3.25: Vista subbase cortada y compactándola con rodillo liso para terminación.

Una vez que la subbase fue compactada, nivelada y cortada hasta alcanzar el espesor requerido se solicitó a la inspección la toma de densidades para aprobar la cancha y poder continuar con el cargado de la base estabilizada.

3.4.3. Base estabilizada

Como se mencionó en los párrafos anteriores, la base estabilizada tiene la misma composición que la subbase, es decir es una mezcla compuesta por 70% de suelo y 30% de triturado 0-6, pero con el agregado de un 6% de cemento. Por lo que el proceso constructivo de la base es similar al de la subbase, solo cambiando la última parte donde se le agrega el cemento.

Aprobada la subbase por parte de la inspección, se cargó con la mezcla (suelo y triturado 0-6) proveniente de la cancha de mezclado, repitiendo el procedimiento descrito en el punto anterior, es decir, se trasladó el material de la cancha de mezclado en camiones, se la descargó en montículos, se la distribuyó con motoniveladora y se la regó para llevarla a la humedad óptima. Luego, se ejecutó la distribución superficial del cemento en la cantidad suficiente para que una vez que se mezcle con el resto del material tenga un porcentaje de cemento igual al diseñado (6%). Esta tarea se realizó por medio de un distribuidor mecánico (figura 3.26) que asegura una correcta y uniforme distribución sobre el suelo. Para lograr este 6% de cemento, se debió colocar 16,2 Kg/m², para ello se reguló la velocidad de avance del equipo para lograr la proporción deseada de cemento en la mezcla.

Una vez que se distribuyó el cemento, se procedió al mezclado mediante la utilización de la recicladora que, introduciendo el tambor mezclador unos 15 cm en el suelo produce la mezcla del cemento con el suelo. Esta máquina tiene en su tambor rociadores que permiten agregarle agua a la mezcla para llevarla a la humedad óptima de compactación.



Figura 3.26: Vista distribución del cemento y mezclado.

Verificadas las condiciones de humedad, se compactó la base con rodillo vibratorio tipo pata de cabra y luego se ejecutó el sellado con rodillos neumáticos, al igual que se procedió en la sub-base.

Es muy importante el curado de la base estabilizada, este se realizó mediante riego aplicado con camiones regadores. Inmediatamente terminada la compactación se riega

por primera vez y luego la frecuencia depende de las condiciones climáticas, debido a que el objetivo es evitar la pérdida de agua de la capa. En condiciones normales se riega una vez por día antes de que termine la jornada de trabajo, en cambio, en verano o jornadas de elevadas temperaturas se debe regar con mayor frecuencia, por ejemplo dos veces x día, una a primera hora de la mañana y otra al final del día.

Luego de la compactación se debe esperar 7 días para poder realizar la extracción de los testigos, que luego de ensayar a compresión y alcanzar el valor de 20Kg/cm², se aprueba la cancha y se procede a construir la losa de hormigón.

3.4.4. Losa de hormigón

Para la construcción de la losa de los pavimentos de hormigón existen dos grandes métodos: uno es la pavimentación con moldes fijos y el otro la ejecución con pavimentadoras de encofrados deslizantes, también conocida como Tecnología de Alto Rendimiento (TAR). En esta obra, se utilizó el primer método, es decir, el de encofrados fijos. Básicamente consiste en el uso de moldes fijos para contener el hormigón, y la utilización de una terminadora sobre orugas exteriores que coloca, consolida y le da la terminación al hormigón en un solo paso.

Realizada esta pequeña introducción del método utilizado, se prosigue a detallar los pasos que se siguieron en la ejecución de la losa.

Aprobada la base estabilizada se procedió a realizar el montaje de todo el equipamiento necesario para poder ejecutar correctamente la losa de hormigón, este equipamiento comprende la colocación y nivelado de los moldes, la colocación de los hilos guías para la maquina terminadora y la preparación de las barras de unión y los pasadores.

Lo primero que se realizó fue la colocación de los moldes o encofrado. Estos son de acero, de altura igual al espesor del pavimento, rectos y con una longitud de 3m. Poseen una base ancha que les provee estabilidad, y un borde superior sólido. Los moldes deben estar limpios e imprimados con un producto desmoldante. La colocación fue de forma manual y el equipo de topografía nivela el borde superior que es que define el espesor de la losa. Para nivelarlos, se colocó estacas distanciadas cada 10 m aproximadamente y se fijó a ellas una tanza con la altura correspondiente a la parte superior del molde. Una vez ubicado el su lugar, se fijaron sobre la base estabilizada, esto se hizo mediante hierros como se observa en la figura 3.27.



Figura 3.27: Fijación de encofrado a base estabilizada y unión entre moldes.

El procedimiento de unión que se usa entre las distintas secciones o unidades que integran los moldes laterales es tal que impide el movimiento o juego entre los mismos, utilizándose alambre, tal como se observa en la imagen anterior.

Los hilos guías tienen la función de conducir la operación de la pavimentadora, ya que tanto el control altimétrico como de alineación lateral se referencian a éste, a través de sensores o "palpadores" que poseen estos equipos. El chasis de la pavimentadora, al cual se le monta las herramientas de compactación, el rodillo nivelador y terminador, está montado sobre un sistema de cilindros hidráulicos que, en función del nivel registrado por los sensores, corrigen la posición vertical de la maquina manteniendo la cota establecida para el pavimento.



Figura 3.28: Vista sensor del tren de la pavimentadora sobre hilo guía.

Para el posicionamiento de los hilos guías se utilizó soportes especiales, denominados "pinchotes". Éstos consisten en un estacón metálico con un brazo que permite separar el hilo de la línea de estacas y un dispositivo para ajustarlo en altura. El alambre se ubica en una muesca que posee en el extremo, que lo mantiene en altura pero permite deslizarse. La nivelación de los pinchotes la ejecutó el área de topografía, para ello lo primero que se realizó fue el tensado del hilo mediante el uso de los malacates colocados en los extremos de los hilos, luego se nivela cada uno de los pinchotes,

colocando la mira sobre el brazo de la estaca, subiendo o bajando según corresponda hasta lograr la altura necesaria.

El hilo guía se encuentra a 40 cm por encima de la cota final de la rasante. Los pinchotes se colocan cada 10 metros aproximadamente para evitar la deflexión del hilo guía. Los pinchotes y el hilo guía se colocan desplazados del borde del pavimento aproximadamente 1m, para permitir el paso de las orugas del tren de pavimentación.

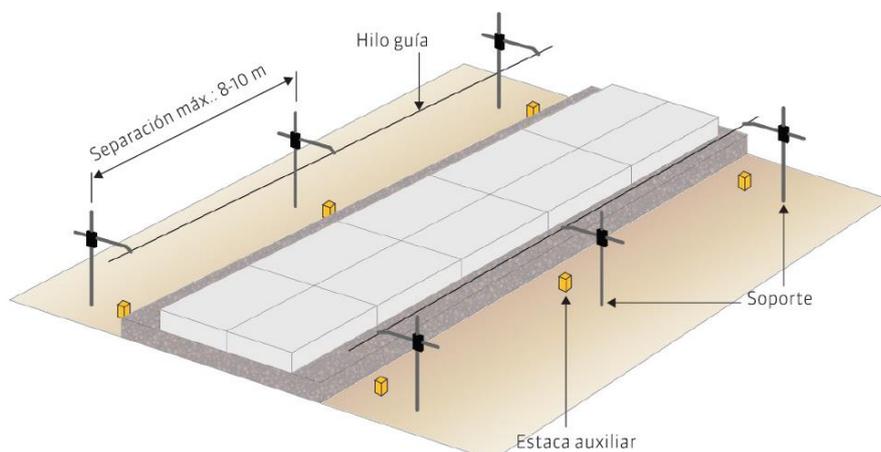


Figura 3.29: Esquema de instalación típica de los hilos de guía.

En el esquema se observa la utilización de estacas auxiliares, estas son de utilidad para verificar y/o repositionar los pinchotes en caso de haber sido afectados, sin la necesidad de requerir al equipo de topografía.

Para finalizar esta primera etapa de preparación y antes de comenzar el hormigonado, se prepararon las camas o canastos con las barras de unión y con los pasadores. Estos canastos metálicos, requieren de un armazón suficientemente firme y robusto que asegure la indeformabilidad del conjunto ante el paso de la pavimentadora.

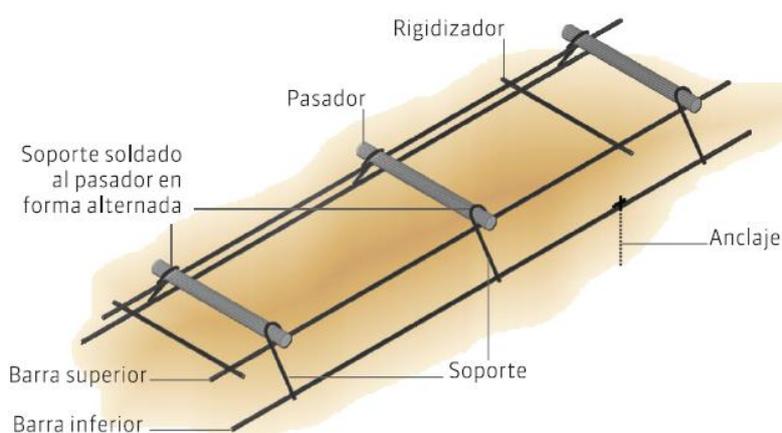


Figura 3.30: Esquema de canasto de pasadores.

La colocación de los canastos para las barras de unión es diferente a la de los canastos para los pasadores, debido a que los segundos van en sentido transversal al eje de la calzada impidiendo el paso del camión hormigonero a través de ella, en cambio los

primeros van paralelos al eje de la calzada por lo que no impiden el paso de los camiones y el traslado el hormigón hasta donde se encuentra la terminadora. Es por esto que las camas de las barras de unión se posicionaron a un costado y luego se van colocando a medida que avanza el tren de pavimentación. Para poder colocarlos en la posición correcta se dejaron referencias en ambos lados del encofrado, como se observa en la figura 3.32. Por otro lado, las camas de las barras de unión se sujetaron firmemente a la base estabilizada, mediante estacas metálicas para evitar su arrastre o deformación como se observa en la figura 3.33.



Figura 3.31: Vista ingreso de camión hormigonero. Posición final de los canastos con barras de unión y canastos de pasadores a la espera de avance de hormigonado.



Figura 3.32: Referencia para correcto posicionamiento de los pasadores

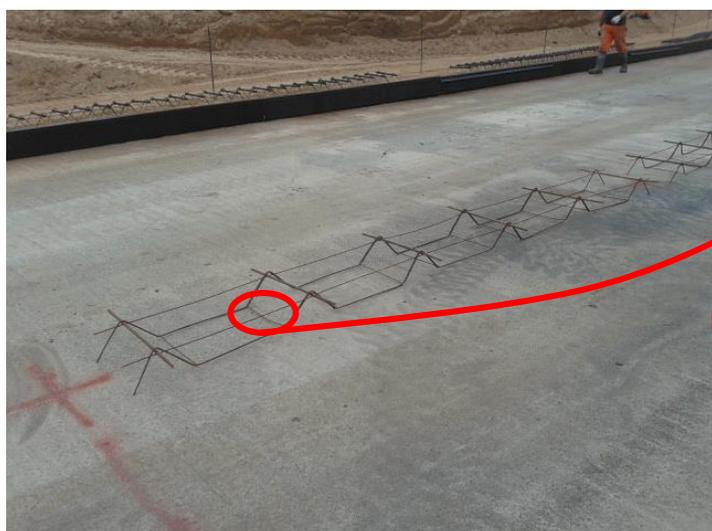


Figura 3.33: Fijación de camas para barras de unión.

Todas estas tareas se realizaron el día anterior al planificado para el hormigonado, de forma tal que se le dé tiempo a la inspección de controlar y aprobar las tareas. Previa a la colocación y vertido del hormigón, deberá estar aprobada la superficie de apoyo, la correcta colocación de moldes, los dispositivos que eviten su desplazamiento, y la adecuada limpieza de todos los elementos intervinientes.

Una vez que la inspección aprobó el nivelado de las guías como también la posición de los encofrados se procedió al hormigonado de la losa. Para ello se utilizó la terminadora que se observa en la figura 3.36. La misma tiene: un rodillo alisador, un tornillo sin fin que distribuye el hormigón, una chapa metálica que se utiliza como fratás de terminación. Está montada sobre dos orugas que permiten el avance regulado por los sensores antes descriptos.



Figura 3.34: Vista avance de hormigonado y canasto preparado para ser colocado en su posición final.



Figura 3.35: Vista del canasto de pasadores colocado a la espera de hormigón.



Figura 3.36: Terminadora utilizada.



Figura 3.37: Tren de curado (fondo) y tren de texturizado (adelante).

Para poder utilizar los moldes fijos se requiere de una mezcla de mayores asentamientos a las utilizadas en moldes deslizantes, de tal manera que el hormigón fluya con mayor facilidad, y pueda ser compactado y acabado con los equipos que tiene la maquina utilizada. El asentamiento exigido fue de $7\pm 1\text{cm}$. Este se verificó en todos los camiones y solo se permite utilizar el hormigón que tenga dicho asentamiento.

Detrás de la máquina terminadora se colocó el tren de texturizado y detrás de éste el tren de curado. El primero consiste en una viga reticulada montada sobre dos patines enganchada mediante una cadena a la terminadora, la viga tiene solidaria una tela de

arpillera. El segundo consiste en otra viga metálica dotada de un motor propio, por lo que el avance es independiente al de la terminadora, la viga tiene adosado un tubo plástico con pulverizadores distanciados de manera uniforme, este tren, además, contiene un tanque para el almacenamiento del líquido utilizado para el curado.

Posicionadas todas las máquinas se dio inicio al hormigonado, para ello ingreso un mixer de hormigón por el espacio libre entre el encofrado y la cama de las barras de unión hasta el lugar donde comienza la losa, en este caso hasta el encofrado que define una junta de construcción. Se descargó mecánicamente del camión el hormigón frente al equipo de pavimentación, los operarios distribuyeron manualmente el mismo mediante el uso de palas. Esta tarea se hace evitando colocar material en exceso, por encima del nivel de los moldes, para no dificultar y desmejorar las tareas de enrase y terminación que efectúa el rodillo y el fratás. Por otro lado, tampoco debe hacerse en cantidades escasas, debido a que se producen zonas bajas y mal compactadas en la superficie del hormigón terminado. Siempre es aconsejable que los equipos arrastren un ligero exceso de mezcla delante del rodillo para asegurar una densificación y rugosidad adecuada.

A medida que unos operarios distribuían el hormigón, otros lo compactaban con el uso de vibrados tipo agujas. La cantidad y la posición de los vibradores dependen del ancho de la losa que se está hormigonando. En este caso se utilizaron 4 vibradores tipo aguja y 4 operarios con palas.



Figura 3.38: Vista descargar, distribución y compactación del hormigón.

A medida que se iba descargando el hormigón se le daba avance a la terminadora, que mediante el uso de su rodillo distribuidor iba peinando, compactando y retirando el hormigón sobrante hasta dejarlo a la cota final de la losa.

Se fue colocando manualmente las camas de pasadores a medida que se llega a los lugares donde corresponda. En este punto es fundamental que el ingeniero a cargo de la obra controle el correcto posicionamiento de la cama. Debido a que una colocación desalineada o incorrecta generara defectos en la junta transversal.

Una vez que el tren de la terminadora avanzo un par de metros, se le adiciono el tren de texturizado. Esto se hace mediante cadenas que tiene el segundo tren. El texturizado en el pavimento de hormigón se realiza para proveerle una textura superficial que

genere una resistencia al deslizamiento de los neumáticos. La textura tiene influencia además, en los niveles de ruidos generado, y en el drenaje superficial de la calzada, y se efectúa mediante el arrastre de una tela de arpillera sobre la superficie recién terminada del hormigón.



Figura 3.39: Vista de la tela de arpillera utilizada para el texturizado.



Figura 3.40: Superficie con textura final a la espera del curado.

Cuando la terminadora avanzó aproximadamente diez metros se dio comienzo al curado. Para ello se posicionó el tren del curado, se le reguló la velocidad y se ejecutaron dos pasadas ida y vuelta en tramos de 10 m. Para el curado se utilizó un producto de la marca Sika, denominado "Antisol Blanco", que es una emulsión acuosa de parafina que forma, al aplicarse sobre el hormigón, una película impermeable que evita la pérdida prematura de humedad, para garantizar un completo curado del material. Este producto se usa para garantizar el completo desarrollo de la resistencia del hormigón. La película que forma el curador sobre el concreto fresco retiene el agua y evita el resaca miento prematuro. Además, previene la formación de fisuras.

Se utilizó pigmento blanco porque presenta dos ventajas, por un lado reduce la ganancia de calor por incidencia de los rayos solares, y por otro ayudan en la inspección visual de la uniformidad de aplicación.

Inmediatamente de tras del paso de la terminadora un operario colocó manualmente hierros doblados en "U" que van a servir como punto de fijación del cordón. En la siguiente imagen se observa los hierros colocados.



Figura 3.41: Hierros colocados para la fijación del cordón.

El curado se realizó en dos etapas: una primera en la que el compuesto fue aplicado sobre la superficie horizontal de hormigón, y una segunda sobre las superficies verticales que quedan expuestas luego del retiro de los encofrados. En ambas etapas la dotación que se coloca fue de 0,25 l/m². La aplicación sobre la superficie de hormigón se realizó mediante el tren de curado que contiene aspersores distribuidos uniformemente en el ancho de pavimentación. En las superficies verticales el compuesto de curado se aplicó manualmente como se observa en la figura 3.43.



Figura 3.42: Tren de curado aplicando "Antisol Blanco".



Figura 3.43: Equipo para colocar el compuesto de curado.

La última tarea que se realizó sobre el hormigón fue el aserrado de las juntas de contracción.

Antes de efectuar el aserrado y con el hormigón aun en estado fresco se debe marcar por donde va a pasar la junta. Para ello se utilizó como referencia la marca empleada para la posición del canasto de pasadores. Con estas referencias se procedió al marcado o impresión en todo el ancho de la junta mediante el deslizamiento de una tanza que sirve de guía para el aserrado posterior de la junta.



Figura 3.44: Marcado de la junta transversal.



Figura 3.45: Impresión de la marca.

El momento apropiado para el aserrado del hormigón es un parámetro muy difícil de determinar y se requiere de mucha experiencia para garantizar buenos resultados. Existe un intervalo de tiempo, posterior a la colocación del hormigón, en el cual se debe realizar el aserrado de las juntas para evitar que se produzcan fisuras. Este intervalo, conocido como ventana de corte, se inicia cuando la resistencia del hormigón es tal, que permite el corte de la junta sin que se produzcan daños ni desprendimiento de agregados a lo largo del corte. El fin del período ocurre cuando las tensiones provocadas por la restricción de la base superan la resistencia del hormigón, y se produce la fisuración del pavimento.

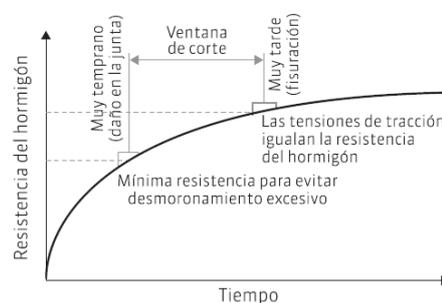


Figura 3.46: Ventana de Corte.

En resumen, podemos decir que el aserrado del hormigón se debe realizar cuando éste alcance la resistencia necesaria para soportar el equipo de corte, y que no se produzcan desprendimientos de agregados durante esta tarea.

En relación a este tema el pliego establece: el aserrado se deberá llevar a cabo dentro de un período de 6 a 12 horas, como mínimo y siempre dentro de la misma jornada de labor en la que se ejecutó el hormigonado, pudiendo reducirse dicho tiempo en épocas de verano, acorde a las órdenes de la Inspección.

En el pavimento ejecutado el aserrado se ejecutó a las 7 horas de haber finalizado el hormigonado. Se efectuó con una máquina provista con un disco de corte diamantado, tal como se observa en la figura 4.47. La profundidad aserrada fue de un tercio del espesor del pavimento.



Figura 3.47: Aserrado de las juntas.



Figura 3.48: Fisura en el lugar deseado.

La secuencia recomendada de aserrado es la que se corresponde con el orden de aparición de las fisuras en el pavimento, es decir iniciar con las juntas transversales a las horas de haber hormigonado, y finalizar con la longitudinal en el mismo día o al otro día. Luego del aserrado, se lavó la junta para eliminar el barro producido y se volvió a aplicar la membrana de curado en la zona afectada.

Para garantizar el correcto funcionamiento durante la vida en servicio del pavimento, es imprescindible un correcto sellado de las juntas con materiales y métodos de aplicación que aseguren un buen desempeño bajo cualquier condición climática, y una larga vida útil. El objetivo del sellado es minimizar la infiltración de agua superficial y de materiales incompresibles en la estructura del pavimento.

El sellado se realizó con líquido in situ, para ello lo primero que se hizo fue la limpieza de la cavidad de las juntas mediante aire a presión. Luego, se colocó un cordón de respaldo, como se observa en la figura 3.49. Este cordón tiene la función de optimizar la cantidad de sellado utilizado, minimizando las pérdidas durante el vertido, por escurrimiento por el fondo. La colocación se realiza mediante una herramienta especial, que consiste en una rueda con la pestaña de longitud apropiada, que posiciona el cordón en la profundidad deseada.

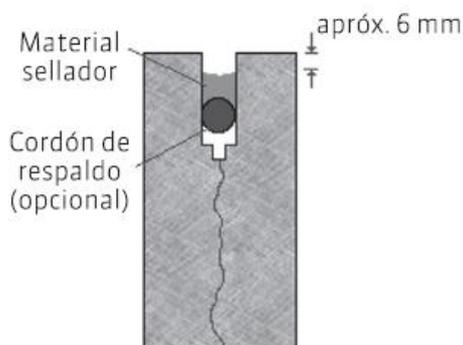


Figura 3.49: Esquema sellado de juntas



Figura 3.50: Colocación del cordón de respaldo.

El producto utilizado se coloca en caliente tal como se observa en la figura 3.51, luego se solidifica aumentando su tamaño entre 10 y 20 veces logrando un correcto sellado.



Figura 3.51: Colocación del líquido sellador.



Figura 3.52: Vista cordón de respaldo y junta sellada.

Por último se debe retirar los moldes. Esto se realizó a las 24 hs de haber terminado de hormigonar y se aplicó el compuesto de curado en los bordes del pavimento.

3.4.5. Banquina y Cordones

Los cordones se ejecutan de Hormigón H-21, como armadura solo tiene una barra longitudinal del 12 y los hierros en forma de U que se iban colocando a medida que se hormigonaba la losa. Para su colocación se utilizaron encofrados metálicos que se fijan mediante atadura a los hierros en forma U. El hormigón fue transportado en mixer hasta el lugar donde se colocó, se compacto con vibradores tipo aguja.



Figura 3.53: Vista encofrado para el cordón.



Figura 3.54: Vista sujeción de encofrado.

Para el caso de la banquina, la subrasante se ejecutó en conjunto con la subrasante de la estructura del pavimento. La subbase se ejecutó con la misma metodología que se siguió en la subbase de la estructura del pavimento. La base granular se construyó distribuyendo el material en montículos, luego mediante el uso de una motoniveladora se niveló y a posteriori se compactó con el uso de compactadores vibradores tipo pata

de cabra. Para finalizar esta capa se realizó un sellado mediante el uso de compactadores neumáticos.

Para ejecutar la carpeta de rodamiento fue necesario realizar el riego de imprimación, esto es una emulsión asfáltica que se usa para unir un material granular con uno asfáltico. Su objetivo es establecer una continuidad entre la superficie existente no tratada y la otra carpeta a ser colocada, de forma que el ligante penetre ligeramente por gravedad, impregne la superficie ennegreciéndola y la dote de una impermeabilidad uniforme. Antes de imprimir, se retiró de la superficie todo material suelto, polvo, suciedad o cualquier otro material extraño. La colocación se realizó mediante distribuidores, que consistía en una cisterna montada sobre un camión provisto de un sistema de calentamiento y un tubo con difusores por donde se libera el riego.

Antes de la ejecución de la carpeta, se realiza un proceso que se denomina "granceado", que consistió en la aplicación en forma manual de una pequeña capa de la mezcla que se utiliza en la carpeta y un posterior compactado. El objetivo del granceado es proteger la imprimación del paso de las maquinas que se utilizan en la aplicación de la carpeta de rodamiento.



Figura 3.55: Riego de imprimación realizado.



Figura 3.56: Aplicación del granceado.

Finalmente se ejecutó la carpeta de rodamiento, para ello se utilizó una terminadora que tiene integrado un sistema de compactación y terminación. La mezcla fue transportada en camiones batea. Este camión cargaba la terminadora a medida que esta avanzaba, en este proceso el camión se debe de acercar muy despacio a la terminadora. Cuando esté bien cerca, la terminadora deberá de empujar al camión, ya que de esta manera se garantiza que no se produzca un borde en la calzada que se está ejecutando.

La compactación se logró mediante el uso de un compactador liso vibratorio y un neumático, como se observa en las siguientes imágenes.



Figura 3.57: Colocación de la mezcla asfáltica con terminadora.



Figura 3.58: Compactación de la carpeta de rodamiento.

3.4.6. Particularidades del tramo estudiado

En el tramo estudiado existieron dos particularidades, una de ellas hace referencia a la construcción de la losa de hormigón ya que la pavimentadora tiene un ancho máximo de trabajo de 8,5 m y la calzada tiene un ancho 9,4m. Por lo tanto se ejecutó en una primera etapa los 8,2 m con la pavimentadora y luego, en una segunda etapa, se completó el ancho faltante quedando una junta longitudinal de construcción, en ella se colocó barras de unión para que ambas losas trabajen en forma monolítica. Estas barras de unión se observan en la siguiente imagen.



Figura 3.59: Vista barras de unión y cama con pasadores.

Para el hormigonado, se colocaron los moldes con la misma metodología explicada anteriormente. A su vez se posicionaron los canastos de los pasadores en forma manual.



Figura 3.60: Vista sobreancho previa al hormigonado.



Figura 3.61: Hormigonado de sobreancho.

El hormigón utilizado tiene las mismas características que el usado en el resto de la calzada. El mismo fue transportado hasta el lugar de colocación y descargado del mixer de forma que luego un operario lo distribuya con una pala. La terminación se realiza mediante una regla apoyada, por un lado en la losa construida y por otro en el encofrado.

El curado se realizó de manera manual como se explicó en el caso del borde vertical de la losa. Por último, el aserrado se ejecutó en coincidencia con el de la losa construida y se empleó la misma metodología.

La otra particularidad que se presentó fue en referencia a la base utilizada, el proyecto establecía que la base se construya con una mezcla de suelo (70%), triturado 0-6 (30%) estabilizada con un 6% de cemento. Esta base una vez ejecutada se debe esperar 7 días para realizar la extracción de la probeta y el correspondiente ensayo. Realizado el ensayo se tiene dos posibilidades, por un lado que la cancha verifique y por otro que el ensayo no satisfaga las necesidades. En el primer caso, se podría trabajar al séptimo día de haber realizado la cancha, en el segundo, se tendría que levantar la cancha, volver a realizar la base y esperar nuevamente 7 días para ejecutar los ensayos correspondientes. Una de las canchas de la rotonda no verificó la condición de resistencia del testigo de la base y debido a que los tiempos de entrega de la obra se acortaron se tomó la decisión de realizar la base con hormigón H-8. Este se colocó con la terminadora utilizada en la ejecución de la losa, sin el uso de encofrado, pero con el uso de la metodología del hilo guía descrita anteriormente. En el subíndice 3.6 se realiza un estudio económico del cambio de los materiales en la capa de la base.



Figura 3.62: Base ejecutada con Hormigón H-8.

3.5. CONTROLES EN OBRA

3.5.1. Características generales de los controles

Los controles de obra se realizan a fines de constatar la correcta ejecución y calidad de cada una de las capas de pavimento efectuadas. Así, una vez finalizada una capa, se debe dar aviso a la inspección, a cargo de la Dirección Provincial de Vialidad (DPV), para que realice el control correspondiente. La tarea de inspeccionar consiste en evaluar la compactación de las capas (a través de la determinación de densidades), y el estado de la superficie, constatando que no haya baches ni otros defectos. También se verifica el nivel del eje y bordes.

Las densidades en obra se obtienen mediante el método del cono de arena, lo que implica la necesidad de realizar el ensayo Proctor del material con el que se está trabajando, para determinar su densidad máxima y humedad óptima. Luego, la densidad in-situ obtenida, se compara con la densidad máxima del ensayo Proctor, exigiendo diferentes porcentajes según la capa que se está inspeccionando. La cantidad de muestras a extraer las define el inspector, pero en general de acuerdo a la longitud de la cancha y a como este presentada la misma se sacan entre 2 y 3 densidades por cada una. Los ensayos de densidad fueron ejecutados por el laboratorio de la obra e inspeccionado por el inspector de vialidad.

El correcto perfilado se evalúa mediante la nivelación de la misma, marcando con estacas, eje y bordes, y tomando con nivel y mira la cota de cada uno de estos puntos.

Una vez inspeccionada la cancha, verificada la inexistencia de baches y alcanzada la densidad necesaria se aprueba la capa y se autoriza a cargar y comenzar la siguiente. Es importante destacar que en caso de ser rechazada una cancha la misma debe realizarse nuevamente, lo que implica un costo y una pérdida de tiempo. Una cuestión a tener en cuenta es la relación empresa – inspección, la cual es nutrida si se trabaja con responsabilidad y se presentan canchas en buen estado, logrando así una mayor confianza en el trabajo y un ambiente más ameno. Si esto no ocurre y la relación no es buena y surgen continuamente conflictos que frenan la obra, producen perjuicios económicos y dan a la empresa una mala imagen para futuras obras. En esta experiencia se puede decir que la relación inspección – empresa es en general muy buena por lo que el ambiente de trabajo es agradable y ambas partes quieren la obra avance. Por otro lado la relación ingeniero – capataz – maquinista también es buena, se trabaja con buena voluntad, pero errores siempre ocurren.

En el desarrollo de mi práctica profesional supervisada estuve durante una semana realizando tareas de laboratorio. Dichas tareas constaron principalmente en la realización de algunos ensayos como Valor Soporte (CBR), granulometría, rotura de testigos de base estabilizada y probetas de hormigón a compresión simple. A continuación se detallan los controles que se realizaron en las diferentes capas y las tareas en las que participe.

3.5.2. Controles en Subrasante o base de asiento

La subrasante fue conformada y perfilada de acuerdo con los perfiles establecidos en los planos del proyecto y luego se adoptó el procedimiento constructivo que permita lograr la densidad exigida en el pliego de especificaciones técnicas.

El Pliego de Especificaciones Técnicas establece que el control de compactación del núcleo del terraplén, se realice por capas de 0,20m de espesor, independiente del espesor constructivo adoptado. En los 0,30m superiores del terraplén, se debe controlar su densidad por capas de 0,15m de espesor cada una. El tramo en estudio tiene un espesor de 0,3m y fue realizado en dos capas de 0,15m, de modo que se realizó el control en ambas capas.

La densidad y la humedad en obra se obtienen mediante el **método del cono de arena**, cuya denominación para la Dirección Nacional de Vialidad es VN - E8 – 66. Dicho ensayo se detalla en la siguiente capa, que es para la cual participe en la realización del mismo.

Para la subrasante, las densidades exigidas en obra, referidas porcentualmente a la máxima determinada de acuerdo al ensayo Proctor, no deberán ser inferiores a las siguientes:

- Base de asiento del terraplén y núcleo del mismo: No inferior al 90 %.
- Capa superior de 0,30 m. de espesor compactado: No inferior al 95 %.

El CBR que se exige en esta capa es del 3%.

El ensayo proctor se explicara en la próxima capa.

3.5.3. Controles en Subbase

Al igual que la capa anterior, se realiza el ensayo en obra del cono de arena y se comparara con la densidad del Ensayo Proctor V.N.E-5-93 - Método II (Diámetro del molde: 101,6 mm; Peso del Pisón: 4,53 Kg.; Altura de caída: 45,7 cm; Número de capas: 5; Número de golpes por capa: 25), debido a que corresponde a un material fino.

El ensayo del cono de arena consiste básicamente en medir el volumen de un pozo excavado en la cancha donde se desee determinar la densidad y pesar el contenido del suelo extraído de dicha excavación.

Para determinar el volumen se utiliza arena normaliza cuya densidad se conoce. Previa determinación de la densidad se debe calibrar el equipo. Para ello, en el punto de la cancha, se eliminó todo el material suelto con el pincel y se apoyó la base metálica. Sobre la base se apoyó el cono y se llenó el recipiente superior del dispositivo con un contenido conocido de arena P1. Se abrió el robinete hasta constatar que el embudo está totalmente lleno. Se cerró el robinete y se pasó la cantidad de arena sobrante en el recipiente superior a un frasco para luego pesarlo en el laboratorio y obtener P3. Por diferencia se determinó el peso de la arena necesaria para llenar el embudo o "Contante del embudo o cono" (Pe). Manteniendo la base en su lugar, con ayuda de un taladro

manual se ejecutó un hoyo, cuya profundidad fue igual al espesor de la capa a controlar. Se recogió cuidadosamente todo el material retirado del hoyo, colocándolo dentro de una bolsa, a medida que se lo fue extrayendo. Se colocó un contenido de arena conocida (P2) en el recipiente superior del aparato, colocado previamente con su embudo en coincidencia con la marca dejada en la superficie. Se abrió el robinete para que fluya la arena, se cerró el robinete y se recogió la arena sobrante en el recipiente (P4).

En el laboratorio se pesó la arena sobrante de la calibración del aparato (P3) y el remanente de la utilizada en el hoyo (P4). Para determinar la humedad, se tomó 300 g de dicho material en una bandeja y se secó hasta peso constante (Ps).

Algunas fotos de la ejecución del ensayo:



Figura 3.63: Colocación del equipo para calibrado.



Figura 3.64: Llenado del recipiente con arena sobrante (P2).



Figura 3.65: Ejecución del hoyo con taladro manual.



Figura 3.66: Recolección del material del hoyo.



Figura 3.67: Pesado y secado del material para determinación de humedad.

En cada uno de los pasos descriptos, el operario encargado del ensayo lleno la planilla modelo, que luego es entregada al encargado del laboratorio para continuar con los cálculos correspondientes, en este caso estas planillas me las entregaron a mí para proceder con los cálculos.

TRAMO	RAMA SUB 6AMA
FECHA	14-04-2015
PROGRESIVA	150-200 SUR
SUELO	2978
RESTO ARENA	1604
CONO	104
FRASCO N°	3
Rtdo. 3/4"	
Espesor	20 cm
Humedad	300-268

TRAMO	RAMA SUB 6AMA
FECHA	14-04-2015
PROGRESIVA	150-200 NORTE
SUELO	2970
RESTO ARENA	1602
CONO	102
FRASCO N°	1
Rtdo. 3/4"	
Espesor	20 cm
Humedad	300-269

Figura 3.68: Planilla modelo entregada por el operario encargado de ejecutar el ensayo.

En la planilla se puede observar los siguientes datos:

- **TRAMO:** Nombre del tramo donde se realizó el ensayo.
- **FECHA:** fecha del día del ensayo.
- **PROGRESIVA:** Progresiva aproximada del punto que se ensayó.
- **SUELO:** Peso del suelo extraído del hoyo.
- **RESTO ARENA:** Peso de arena sobrante luego del llenado del hoyo.
- **CONO:** Peso de arena sobrante de la calibración del cono.
- **FRASCO:** Numeración interna del par de recipientes usados en el ensayo.
- **ESPESOR:** Espesor del hoyo realizado. Se obtiene mediante la medición con cinta una vez ejecutado en mismo.
- **HUMEDAD:** se registra el peso húmedo que se usa para la determinación de la humedad y el peso seco obtenido.

A continuación se adjunta la tabla con los resultados obtenidos y luego se detallan las fórmulas utilizadas.

Nº	Progresiva	Lado	Prof.	Peso arena en el frasco (P1)	Peso areana remanente en el frasco (P3)	Constante del cono (Pe)	Peso arena para ensayo (P2)	Peso areana remanente para ensayo (P4)	Densidad de la arena (da)	Volumen del pozo (Vc)	Peso del suelo del pozo	HUMEDAD		
												Peso humedo suelo del pozo	Peso seco suelo del pozo	Humedad del suelo
												gr	gr	%
	Km		cm	gr	gr	gr	gr	gr	gr/cm ³	cm ³	gr	gr	gr	%
1	150-200	Norte	20	1600	102	1498	5000	1602	1,35	1407	2970	300	269	11,52
2	150-200	Sur	20	1600	104	1496	5000	1604	1,35	1407	2978	300	268	11,94

Tabla 3.1: Ensayo de Densidad.

DENSIDAD					
Terreno		Ensayo de Compactación			Control
Humedad	Seca	Máxima seca	Exigencia	Densidad Exigida	
gr/dm ³	gr/dm ³	gr/dm ³	%	gr/dm ³	
2110,26	1892,20	1947	97	1888,59	CUMPLE
2115,95	1890,25	1947	97	1888,59	CUMPLE

Tabla 3.2: Comparación densidad obtenida en el ensayo y densidad máxima proctor.

Las fórmulas utilizadas para el cálculo fueron:

1) Volumen del pozo (V_c):

$$V_c = \frac{P_2 - P_4 - P_e}{d_a}$$

Dónde:

- P_2 = Peso de la arena colocada en el recipiente antes del ensayo.
- P_4 = Peso arena remanente.
- P_e = Constante del embudo. $P_e = P_1 - P_3$
- d_a = Densidad de la arena.

2) La humedad de la muestra: En el momento del ensayo se calcula mediante la expresión:

$$H(\%) = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} * 100$$

Dónde:

- H = Contenido de humedad, en porcentaje.
- P_{sh} = Peso del suelo húmedo.
- P_{ss} = Peso del suelo seco.

3) Densidad húmeda del terreno o la cancha:

$$D_{sh} = \frac{P_{sh}}{V_c}$$

4) Densidad seca del terreno o la cancha:

$$D_{ss} = \frac{100 * D_{sh}}{100 + H(\%)}$$

El pliego de especificaciones técnicas establece que para que la cancha sea aprobada la densidad obtenida por el método del cono de arena sea por lo menos el 97% de la máxima densidad obtenida por el ensayo Proctor.

La cancha fue aprobada ya que la densidad obtenida fue mayor a la exigencia de la capa, como se observa en la tabla 3.2.

Otras de las exigencias que debe cumplir la capa es el del valor soporte o CBR, este control se realiza en forma menos frecuente que el ensayo del cono de arena, es decir a diario para aprobar las capas se realizan ensayos del cono de arena, pero cada cierto tiempo se realiza un CBR para controlar la composición de la mezcla como también las característica y estados de los materiales.

En la semana que estuve en el laboratorio realice un ensayo completo para determinar el CBR de la base, es decir para la mezcla suelo - triturado 0-6. El CBR o valor soporte California, es una mediada comparativa de la resistencia al corte del suelo. Básicamente consiste en determinar la carga que es necesaria aplicar para que un pistón de tamaño normalizado penetre en una probeta de suelo a una velocidad especificada. Se divide dicha carga por la necesaria para alcanzar la misma penetración sobre una muestra tipo de material pétreo triturado, y, el resultado, multiplicado por 100 es el CBR (en kg/cm²).

La probeta de suelo es moldeada bajo ciertas condiciones de densificación y humedad, por lo que el valor de CBR depende de estos dos parámetros.

Previamente hay que realizar un ensayo de compactación (Proctor) para determinar la densidad máxima seca y humedad óptima correspondiente.

El ensayo ejecutado corresponde al método dinámico simplificado, donde se estudia cómo cambia la resistencia con la variación de densidad.

En ensayo consta de tres partes:

1) Ensayo de Compactación Proctor.

Este ensayo permite establecer la humedad óptima con la que se obtiene el mayor valor del Peso unitario, llamado Densidad seca máxima.

La forma de realizar este ensayo depende de la granulometría del suelo. Como se trata de un material fino, se necesitan, para cada punto de la curva Humedad – Densidad 2500gr de material seco. Se preparó material para 6 puntos, sin embargo el ensayo requiere 5 puntos, tres en la rama ascendente y dos en la descendente, el punto restante es para ajuste. La porción de suelo destinada a un punto se distribuye uniformemente en el fondo de la bandeja, se le agrega agua (generalmente es correcto comenzar con la humedad del límite plástico) y homogeniza bien.

La norma reconoce varios ensayos de compactación, para este caso de suelos fino presenta tres variantes. El ensayo realizado correspondo al Tipo II.

ENSAYO	MOLDE mm.	PESO PISÓN Kg.	ALTURA CAÍDA EN	Nº de CAPAS	Nº de GOLPES
I	101,6	2,5	30,5	3	25
II	101,6	4,53	45,7	5	25
III	101,6	2,5	30,5	3	35

Figura 3.69: Tipos de ensayo de compactación para material fino según norma.

A continuación se detalla el procedimiento en forma resumida que se siguió para la ejecución del ensayo. Se armó el molde, se colocó dentro del mismo una cantidad de material, con el pisón especificado se aplicó el número de golpes previstos uniformemente distribuidos sobre la superficie. Se repitió dicha operación la cantidad de veces necesaria para completar las capas previstas. Luego, se retiró el collar de extensión, y con una regla metálica se limpió el exceso del material y se pesó. Se extrajo la probeta del molde y se tomó una porción de suelo para determinar la humedad. Se repitió estas operaciones para cada una de las muestras preparadas para los otros puntos.

A partir de los datos obtenidos, se determinó, para cada punto la densidad seca. Es decir, primero se determinó la densidad húmeda (peso/volumen) y luego se la dividió por $(1+h)$ para determinar la densidad seca. Finalmente se graficaron los puntos Dss vs Humedad.

ENSAYO PROCTOR TIPO : T - 180 **Pisón:** 4,54 kg **N° Golp.:** 25 **N° capas:**

Punto N°	Peso cilin. + suelo húm.	Tara del cilindro	Peso suelo húmedo	Volúmen del cilindro	Peso esp. apar. húmedo	Peso esp. apar. seco	Pesa filtro + suelo húmedo	Pesa filtro + suelo seco	Agua	Suelo Seco	% de Húmedad
1	3715 gr	1843 gr	1872 gr	0,942 dm ³	1987 gr/dm ³	1820 gr/dm ³	300,0	274,0	26,0 gr	274,0 gr	9,5 %
2	3838 gr	1843 gr	1995 gr	0,942 dm ³	2118 gr/dm ³	1913 gr/dm ³	300,0	271,0	29,0 gr	271,0 gr	10,7 %
3	3904 gr	1843 gr	2061 gr	0,942 dm ³	2188 gr/dm ³	1947 gr/dm ³	300,0	267,0	33,0 gr	267,0 gr	12,4 %
4	3902 gr	1843 gr	2059 gr	0,942 dm ³	2186 gr/dm ³	1924 gr/dm ³	300,0	264,0	36,0 gr	264,0 gr	13,6 %
5											
6											
DENSIDAD MAXIMA						1947 gr/dm ³	HUMEDAD OPTIMA				12,4 %

Tabla 3.3: Ensayo proctor.

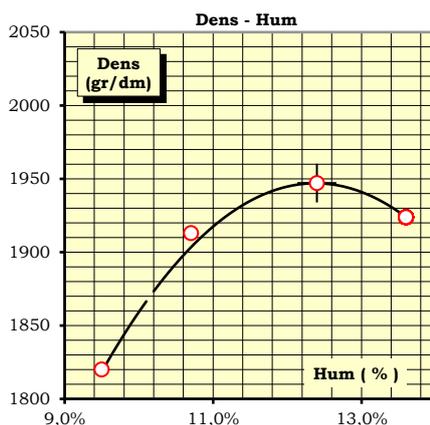


Figura 3.70: Curva Densidad- Humedad.

A continuación se observan algunas fotos de la ejecución del ensayo.



Figura 3.71: Preparación de la muestra.



Figura 3.72: Muestras de mezcla con diferentes humedades para moldeadas.



Figura 3.73: Compactación de la probeta.



Figura 3.74: Desmolde de probetas.



Figura 3.75: Probeta desmoldada.



Figura 3.76: Resto de las probetas utilizadas en el ensayo.

Una vez obtenidos los datos de densidad máxima y humedad óptima se moldearon las probetas para los ensayos de hinchamiento y penetración. Algunas fotos:



Figura 3.77: Agregado de agua para llevar la muestra a la humedad óptima.



Figura 3.78: Enrasado de la probeta

2) Ensayo de hinchamiento

Primero se secó alrededor de 36Kg de la mezcla, se agregó agua hasta llevarlas a la humedad óptima, determinada por el ensayo anterior. Se separan 6 porciones de 6kg cada una. Con las muestras listas, se realizó la compactación. Se pesaron 6 moldes con y sin sus collares y se los lleno con suelo. 2 probetas se compactaron con 5 capas con 56 golpes, otras dos con 25 golpes, y las restantes con 12 golpes por capa. Se determinó la humedad de cada probeta antes de la compactación, y una del material sobrante después de la compactación. La humedad de ambas muestras no debió diferir ± 0.5 de la óptima del ensayo de compactación. Se quitó el collar de extensión y se enraso la muestra con una regla metálica a ras del borde. Se colocó un papel de filtro sobre la cara enrasada, se aflojo la base, da vuelta el molde y se fijó de nuevo la base, colocándose otro papel de filtro en la cara superior.

Sobre cada molde se colocaron 6 pesas de 2,27 [kg]. Luego se sumergió en una pileta llena de agua durante 4 días. Se colocó el trípode con extensómetro y se registró la medición. Esta corresponde a la lectura del 1º día. Se dejaron las probetas durante 4 días y en el cuarto día se midió el hinchamiento, para esto se colocó nuevamente el trípode con el extensómetro. A la lectura medida en el extensómetro se la multiplico por el factor del aro, en este caso era 0,01.

Por último, se retiró el conjunto de la pileta y se eliminó el agua libre inclinando el molde durante 1 minuto. Se dejó drenar en posición vertical durante 15 minutos, luego se retiraron las sobrecargas y se pesó para apreciar la cantidad de agua que absorbió el espécimen.

$$\text{Hinchamiento (\%)} = \frac{\text{hinchamiento 4}^{\text{º}}\text{día} - \text{hinchamiento 1}^{\text{º}}\text{día}}{\text{altura de la probeta}} * 100$$

ENSAYO DE VALOR SOPORTE

ARO de : 3000 kgf		factor de aro : 10,888		Sobrecargas hinchamiento y penetración: 10,00 lbs										
N° de Golpes	MOLDE N°	PESO MOLDE	PESO M + S + A	PESO S + A	VOL. PROB.	Hum. Real	DENSIDAD		ALT. PROB.	PROB. EMBEBIDA	ABSOR.	HINCHAMIENTO		
							HUMEDAD	SECA				1° DIA	4° DIA	%
12 Golpes	1	8604,9 gr	12494,8 gr	3890 gr	2,122 dm3	12,40 %	1833 gr/dm3	1631 gr/dm3	115,4 mm	12876 gr	3,05 %	4,18	5,36	0,10%
25 Golpes	2	8640,3 gr	12730,4 gr	4090 gr	2,125 dm3	12,40 %	1924 gr/dm3	1712 gr/dm3	115,3 mm	13048 gr	2,49 %	2,42	3,420	0,09%
56 Golpes	3	8450,4 gr	12777,0 gr	4327 gr	2,040 dm3	12,40 %	2122 gr/dm3	1888 gr/dm3	114,8 mm	12938 gr	1,26 %	5,77	6,360	0,05%

Tabla 3.4: Ensayo de hinchamiento.

3) Ensayo de penetración

Para determinar el CBR se procedió a la ejecución del ensayo de penetración, para ello, se colocó el molde en la prensa de ensayo y se agrega una pesa anular de 4,54 [kg], con gato hidráulico se levantó la prensa de ensayo hasta que el pistón esté en contacto con la muestra y se le dio avance al pistón. Se debe controlar el tiempo para regular la velocidad de avance ya que este es manual. Se tomaron las lecturas correspondientes y se registraron en una planilla.

EL valor del CBR se obtuvo como el cociente entre la resistencia a la penetración de la probeta para 0,1" (2,54cm) y la resistencia para la misma penetración de la piedra

patrón. Se realizó esto para cada probeta y para las penetraciones de 0,1" y 0,2" (5,08cm).

Se calculó el promedio de los valores de CBR obtenido para las probetas con la misma energía de compactación, y teniendo en cuenta su densidad seca, se trazó una gráfica de Densidad Seca vs CBR. Esta es la gráfica que se utiliza para verificar si una capa esta apta o no, se ingresa con el valor de densidad hasta cortar la curva y luego se observa que valor de CBR corresponde.

Molde N°	Pen. 1/100	0,63	1,27	1,91	2,54	5,08	7,62	10,16	12,7	V.S.	V.S. CORREG.	% de evaluación	
	Standar				70	105	133	161	183			Dens. de evaluación	1889 gr/dm ³
1 12 Golpes	Lect. dial	2	4	6	9	14	18	21	23	7,5%	7,9%	WALTER R. BRAVO Contról de Calidad	97 %
	Carga tot.	21,8	43,6	65,3	98	152,4	196	228,6	250,4				
	Presión	1,13	2,25	3,37	5,06	7,88	10,13	11,81	12,94				
	Pres. corr.				4,76	8,29			12,94				
	% Standar				6,8%	7,9%			7,1%				
2 25 Golpes	Lect. dial	2	10	21	31	55	69	81	92	29,5%	32,1%	WALTER R. BRAVO Contról de Calidad	58,5 %
	Carga tot.	21,8	108,9	228,6	337,5	598,8	751,3	881,9	1001,7				
	Presión	1,13	5,63	11,81	17,44	30,95	38,83	45,58	51,77				
	Pres. corr.				19,57	33,70			51,77				
	% Standar				28,0%	32,1%			28,3%				
3 56 Golpes	Lect. dial	4	15	30	45	102	145	168	197	54,7%	58,5%	WALTER R. BRAVO Contról de Calidad	58,5 %
	Carga tot.	43,6	163,3	326,6	490	1110,6	1578,8	1829,2	2144,9				
	Presión	2,25	8,44	16,88	25,32	57,4	81,59	94,53	110,85				
	Pres. corr.				33,70	61,42							
	% Standar				48,1%	58,5%							

Tabla 3.5: Resultados ensayo de penetración.

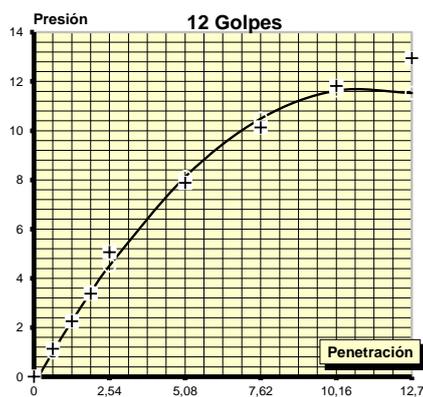


Figura 3.79: Curva Presión- Penetración para molde de 12 golpes.

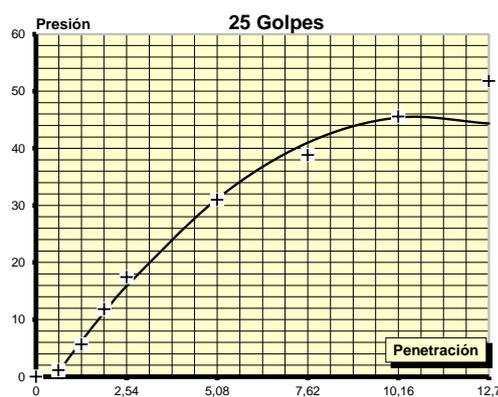


Figura 3.80: Curva Presión- Penetración para molde de 25 golpes.

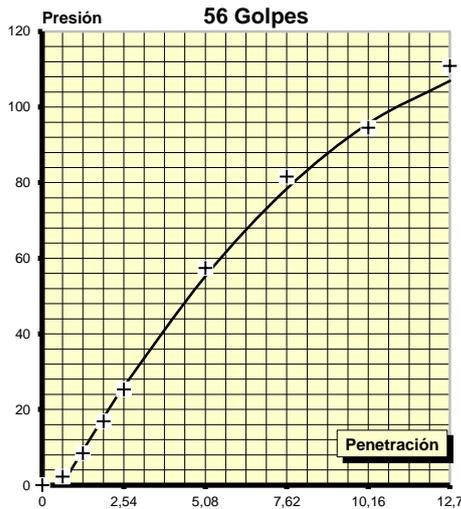


Figura 3.81: Curva Presión- Penetración para molde de 56 golpes.



Figura 3.82: Curva Densidad - Valor soporte (CBR).

Algunas fotos del ensayo se ven a continuación:



Figura 3.83: Molde con probeta previo a ensayo.



Figura 3.84: Ejecución de ensayo.

Para que la cancha de subbase granular sea aceptada por la inspección debió alcanzar un Valor Soporte mayor a 40 % alcanzado con una densidad igual al 97% de la densidad máxima, correspondiente a 25 golpes por capa. Para esto, se ingresó en la figura 3.82 con el valor de 1889 gr/dm3 y se obtuvo un CBR de 58,5% verificando la cancha.

A la muestra utilizada para realizar el ensayo de determinación del CBR se le realizó el ensayo de granulometría y los ensayos para determinar el índice de plasticidad.

El ensayo de granulometría se ejecutó para verificar que el material no contenga más de 15% de pasante del tamiz N°200 (80 micras). Antes de realizar el ensayo de granulometría se debe lavar el material, para ello se colocó la muestra dentro de una bandeja con agua, se desmenuzó los terrones, y se vertió este contenido en el tamiz N°200 mientras se continuaba con el agregado de agua. Este procedimiento se continuó hasta que el agua que pasa a través del tamiz saliera limpia. El material retenido fue

secado, pesado y utilizado para ejecutar el ensayo de granulometría propiamente dicho. Este ensayo tiene el objetivo de determinar la distribución porcentual de las partículas de la mezcla. Realizado el ensayo se obtuvo los siguientes resultados:

ANALISIS GRANULOMETRICO		Tamiz	1 1/2	1	3/4	3/8	4	10	40	200
		Retenido					3	77	443	626
Peso total muestra	1999 gr	Pasante	1999	1999	1999	1996	1919	1476	850	290
Peso pasante # 4	= 1919 gr	Pasante	100,0%	100,0%	100,0%	99,8%	96,0%	73,8%	42,5%	14,5%

Tabla 3.6: Ensayo de granulometría.

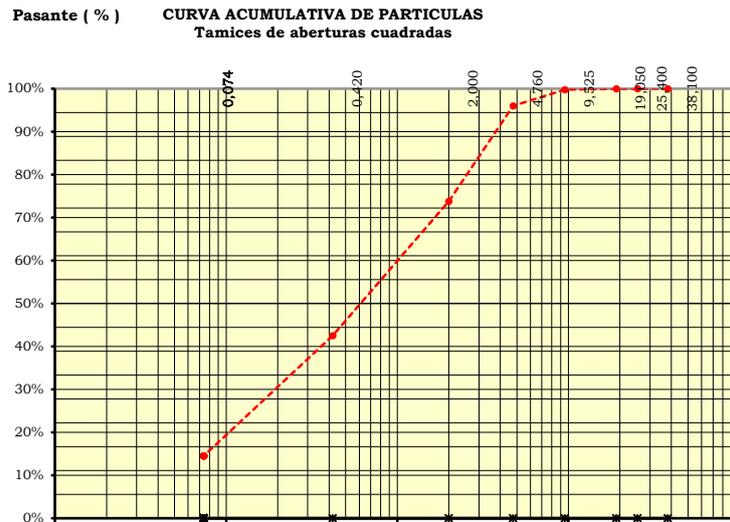


Figura 3.85: Curva granulométrica obtenida.

En la tabla 3.6 se observa que el pasante tamiz N°200 es 14,5 menor al 15% por lo que la muestra verifica esta condición.

A continuación se observan algunas fotos de la ejecución del ensayo.



Figura 3.86: Muestra a ensayar.



Figura 3.87: Serie de tamices utilizados



Figura 3.88: Tamizado y muestras divididas según retenido de la serie utilizada.

Para determinar el índice de plasticidad se obtuvo el límite líquido y el límite plástico. El primero es el contenido de humedad, en %, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y líquido del mismo. Se define arbitrariamente como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1cm de espesor fluyan y se unan en una longitud de 12 mm en el fondo de una muesca que separa ambas mitades, cuando la capsula que la contiene golpea 25 veces desde 1cm, a 2 golpes por segundo. El límite plástico es el contenido de humedad que existe en el suelo en el límite entre el estado plástico y el estado sólido del mismo, 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 alcanzan un diámetro de 3mm. Por último, el índice de plasticidad es la diferencia numérica entre los valores del límite líquido y el límite plástico de un mismo suelo. Los resultados obtenidos fueron:

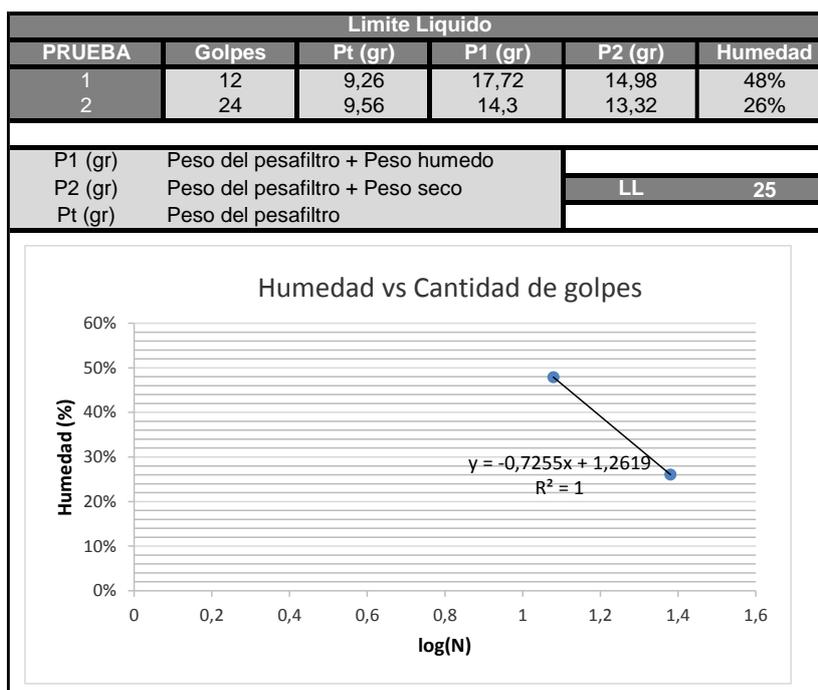


Tabla 3.7: Cálculo del Límite líquido.

Limite Plástico			
P1 (gr)	Peso del pesafiltro + Peso Humedo	16,09	
P2 (gr)	Peso del pesafiltro + Peso Seco	15,9	
Pt (gr)	Peso del pesafiltro	14,87	
Limite Plástico	$((P1-P2)/(P1-Pt)) \times 100$	18	
INDICE DE PLASTICIDAD (LL - LP)			6

Tabla 3.8: Cálculo del límite plástico e índice de plasticidad.

Como se observa en la tabla anterior el índice de plasticidad es igual a 6, cumpliendo con la condición de que este comprendido entre 2 y 6.

Algunas fotos de la ejecución del ensayo se observan a continuación:



Figura 3.89: Ejecución del ensayo para determinar el índice de plasticidad.

3.5.4. Controles en Base estabilizada

El pliego establece que la base estabilizada se aprueba cuando el testigo extraído de la misma tenga una resistencia a la compresión simple según norma VN-E33-67 mínima de 20Kg/cm². De modo que lo primero que se realizó fue la extracción de los testigos. La misma se ejecutó en los lugares donde la inspección solicitó y mediante la utilización de taladro neumático como se observa en la imagen 3.90, se utiliza agua para refrigerar el cilindro extractor. Al testigo extraído se le controló la longitud para verificar el espesor de la capa.



Figura 3.90: Extracción del testigo de la base.



Figura 3.91: Medición de la altura del testigo.

Realizada la extracción se procedió a la ejecución del ensayo, para ello se debió esperar a que se seque el testigo, una vez que estaba seco se encabezó con azufre y se ejecutó el ensayo de compresión. Para esto se utilizó la misma prensa que se empleó para el ensayo de penetración antes explicado.



Figura 3.92: Testigos encabezados.



Figura 3.93: Ejecución del ensayo.

El ensayo consistió en aplicarle carga al testigo hasta que llegue a la rotura. A medida que se aplicaba la carga se iba midiendo en el dial del extensómetro, una vez que la lectura sobre el dial superaba los 240 se podía dar por finalizado el ensayo, ya que con este valor se obtenía una resistencia superior a la especificada para aprobar la base. Se ensayaron dos probetas, P1 y P2, los valores medidos sobre el dial fueron:

Probeta 1 (P1): 216

Probeta 2 (P2): 240

El factor del aro utilizado fue: 10,89.

De modo que la carga a rotura a 7 días (Kg) se obtiene:

$$Carga = Factor\ del\ aro * lectura$$

$$Carga\ P1 = 10,89 * 216 = 2352kg \quad Carga\ P2 = 10,89 * 240 = 2614kg$$

Las dimensiones de las probetas fueron:

- P1: diámetro 10,32cm; altura 17,82cm.
- P2: diámetro 10,32cm; altura 17,35 cm.

Con la carga de cada probeta y su diámetro se pudo obtener la Presión de rotura

$$Presión\ de\ rotura = Carga/area$$

$$Presión\ 1 = \frac{2352\ Kg}{\frac{\pi * 10,32cm^2}{4}} = 28,1\ Kg/cm^2 \quad Presión\ 2 = \frac{2614\ Kg}{\frac{\pi * 10,32cm^2}{4}} = 31,2Kg/cm^2$$

La norma establece que se debe realizar una corrección para considerar la relación entre la altura y el diámetro de la probeta, para ello con esta relación se ingresó a una tabla en la norma VN-E19-66 con los siguientes valores:

$$\text{Relación } \frac{\text{altura1}}{\text{diametro1}} = \frac{10,32\text{cm}}{17,82\text{ cm}} = 1,73 \quad \text{Relación } \frac{\text{altura2}}{\text{diametro2}} = \frac{10,32\text{cm}}{17,35\text{cm}} = 1,68$$

Para ambos caso el factor de corrección es el mismo y equivale a 0,98, por lo que la presión de rotura corregida fue:

$$\text{Presión corregia} = \text{Factor de corrección} * \text{Presion de rotura}$$

$$P \text{ coreg. 1} = 0,98 * 28,1 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 27,6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad P \text{ coreg. 2} = 0,98 * 31,2 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} = 30,6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Para finalizar el ensayo se obtuvo el promedio de ambas probetas correspondiente a la misma cancha:

$$\text{Presión de rotura promedio} = \frac{P_{\text{correg. 1}} + P_{\text{correg. 2}}}{2} = \frac{27,6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} + 30,6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{2}$$

$$\text{Presión de rotura promedio} = 29,1 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Como el valor obtenido supero los 20 Kg/cm² que establece el pliego se dio por aprobada la cancha.

3.5.5. Controles en Losa de Hormigón

El hormigón fue transportado a la obra mediante camiones motohormigoneros de la empresa Hormi-Block, al ingresar a la misma los encargados de laboratorio realizaron, por un lado, los ensayos correspondientes al estado fresco del hormigón como son control del asentamiento, medición de la temperatura e inspección ocular, moldeo de probetas y por otro, toman las muestras necesarias para realizar ensayos en estado endurecido como es el de rotura a compresión simple, verificación de espesor de la losa.

A continuación se detallara los ensayos realizados en el hormigón en sus dos estados y además se mencionaran las tareas que realice en dichos controles.

3.5.5.1. Controles sobre el hormigón fresco

En este estado del hormigón se realizaron las siguientes 4 actividades:

- Control del asentamiento.
- Medición de la Temperatura.
- Inspección ocular.
- Moldeo para ensayos de resistencia.

El ensayo de asentamiento o cono de Abrams, norma IRAM 1536, es el método más ampliamente aceptado y utilizado para medir la consistencia del hormigón. Ésta es la deformación del hormigón en relación a su fluidez.

El equipo pavimentador condiciona fuertemente el intervalo de consistencia en las que se puede lograr una colocación adecuada, ya que los asentamientos menores provocan dificultades en la compactación y defectos superficiales. En el otro extremo,

asentamientos excesivos generan caídas de bordes y defectos de terminación. En ambos casos, pueden verse afectadas la calidad final del pavimento.

Para realizar el ensayo se utilizó un equipo formado por un molde tronco cónico de metal de 300 mm de altura con 200 mm de diámetro de base y 100 mm de diámetro de la parte superior y una varilla de metal de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud con una punta de forma esférica.

El procedimiento seguido fue: humedecido el cono, se colocó verticalmente sobre una superficie plana, rígida y no absorbente. Se llenó en tres capas de volúmenes aproximadamente iguales y se procedió a compactar con la varilla por punzonado, distribuyendo 25 golpes por capa en forma regular y sin llegar a la capa subyacente. Se enraso la última capa y se levantó el cono lentamente, sin que se produzcan sacudidas. El asentamiento se mide en centímetros y está dado por la distancia entre la regla horizontal colocada sobre el cono y el nivel medio de la cara superior de la masa del hormigón asentado.

Antes de descargar el hormigón, todos los camiones se sometieron a un control de asentamiento, debiendo ser este de 7 cm con una tolerancia de ± 1 cm. En caso de ser menor se le colocaba aditivo para aumentar el asentamiento, se mezclaba en el mixer y se volvía a someter al ensayo. En caso de ser mayor a 7 ± 1 cm se rechazaba el camión.



Figura 3.94: Llenado de carretilla con hormigón para ensayar.



Figura 3.95: Ejecución del ensayo de asentamiento.



Figura 3.96: Medición del asentamiento.

Otro de los controles realizados fue el de la temperatura, el mismo se realizó con un termómetro colocado en la masa de hormigón permaneciendo en él hasta que la lectura se estabilizaba. La temperatura del hormigón en estado fresco debe ser inferior a los 30°C.



Figura 3.97: Control de la temperatura del hormigón.

Es muy importante el control de la temperatura del hormigón debido a que tiene gran influencia sobre las propiedades tanto del concreto fresco como del endurecido.

Como se mencionó anteriormente, se debe realizar un control visual del hormigón para verificar si el tamaño de los agregados utilizados en la mezcla es el que corresponde a la dosificación, la trabajabilidad, exudación, entre otros aspectos.

Por último, se moldearon probetas para la posterior rotura a compresión de las mismas. Esta tarea no se realizó en todos los camiones, sino que se seleccionaron al azar a razón de 1 camión cada tres que ingresaban a la obra. Para cada camión se confeccionaron 4 probetas de 0,3 m de alto por 0,15m de diámetro, dos se ensayan a compresión a 7 días y las otras 2 a 28 días; cada juego de dos probetas de cada edad, constituyen un ensayo o resultado de un ensayo. El resultado de cada ensayo será el promedio aritmético de las resistencias a compresión axial de las dos probetas de la misma edad.

Además, la muestra debe respetar las siguientes recomendaciones de la norma IRAM 1541:

- Se obtiene al momento o inmediatamente luego de la descarga, evitando la porción inicial o final del pastón y/o sectores que presenten segregación.
- La muestra debe ser representativa y de tamaño suficiente. No debe estar alterada ni contaminada.
- Se la debe colocar en un recipiente estanco, limpio y de capacidad adecuada como puede ser una carretilla y siempre se debe remezclar manualmente antes de su uso.

Para el confeccionado de las probetas, se colocó el hormigón en los moldes previamente aceitados en tres capas de 1/3 de altura cada capa, compactando con una varilla de compactación de punta roma (la misma que en el ensayo de asentamiento) a razón de 25 golpes por capa, distribuyendo uniformemente en toda la superficie del molde, penetrando hasta la capa subyacente.

Luego de llenado los moldes, se colocaron sobre una superficie horizontal, rígida, libre de vibraciones y de toda otra causa capaz de perturbar al hormigón, cubierta con una

bolsa de plástico. Las probetas se desmoldaron a las 24 de confeccionada, y luego del desmoldado colocaron en la cámara de curado que se observa a continuación:



Figura 3.98: Llenado de probetas.



Figura 3.99: Enrasado de probetas.



Figura 3.100: Etiquetado de las probetas.



Figura 3.101: Protección de probetas para posterior curado.



Figura 3.102: Cámara de curado de probetas.

Las probetas fueron ensayadas a compresión simple a los 7 días y a los 28 días de haber sido elaboradas, para ello se requiere que las caras de las probetas estén perfectamente planas normales al eje, esto se logró mediante el encabezado con una mezcla de azufre y grafito.

Realizado el encabezado de las probetas, se procedió a la ejecución del ensayo de rotura por compresión, para ello se utilizó una prensa que consta de dos platos de carga perfectamente planos, y un sistema de regulación de la velocidad de carga. Antes de comenzar el ensayo se determinó la altura y el diámetro de la probeta al milímetro, medido este último en varias secciones de la probeta. Para realizar el ensayo se colocó la probeta en el plato inferior logrando que quede perfectamente centrada. Se acercó en forma manual el plato superior de la prensa hasta que quedo en contacto con la probeta. Se aplicó la carga en forma continua y sin choques a una velocidad hasta lograr la rotura de la probeta registrando la carga máxima.

A continuación se presenta una planilla en donde se representan los valores de los ensayos correspondientes a probetas a 7 días.

Probeta Nº	Fecha Moldeo	Fecha Rotura	Edad ensayo Días	Diámetro cm	Sección cm ²	Carga de rotura Kg	Tensión individual Mpa	Resultado ensayo
1	09/05/2015	16/05/2015	7	15	176,7	44934	25,43	25,23
2	09/05/2015	16/05/2015	7	14,98	176,2	44135	25,04	
3	09/05/2015	16/05/2015	7	15,1	179,1	47654	26,61	27,10
4	09/05/2015	16/05/2015	7	15	176,7	48754	27,59	
5	09/05/2015	16/05/2015	7	14,97	176,0	43996	25,00	24,57
6	09/05/2015	16/05/2015	7	14,98	176,2	42567	24,15	
7	09/05/2015	16/05/2015	7	15	176,7	45678	25,85	27,06
8	09/05/2015	16/05/2015	7	14,97	176,0	49754	28,27	

Tabla 3.9: Resultados de ensayo a compresión simple.

Las fórmulas utilizadas en dicho ensayo son:

$$Sección(cm^2) = \frac{\pi * \phi^2}{4} \quad Tensión\ individual = \frac{Carga\ de\ rotura\ (Kg)}{Sección\ (cm^2) * 10}$$

El resultado del ensayo es el promedio aritmético de las tensiones individuales obtenidas. Estas tensiones individuales representan las dos probetas obtenidas para un camión.

Los resultados de estos ensayos sobre probetas moldeadas tienen solamente carácter informativo sobre la calidad del hormigón y no se tienen en cuenta para la recepción de la calzada. Se realizan para estudiar la ganancia de la resistencia del hormigón con el paso del tiempo.

3.5.5.2. Controles sobre el hormigón endurecido

Para verificar el espesor, la resistencia y la consecuente capacidad de carga de la calzada terminada, se extrajeron testigos mediante el uso de una máquina caladora rotativa, igual a la utilizada para el caso de la extracción del testigo de la base de asiento estabilizada. Tales testigos son cilíndricos, de diámetro aproximado de 15 centímetros, los que fueron ensayados a compresión axial.

Cada testigo se identificó por: nombre del sector y su ubicación, número del testigo, fecha de hormigonado.

Las extracciones se realizaron a los 7 días de haber hormigonado la losa y luego se los colocó en la cámara de curado hasta que alcanzaron la edad de 28 días de edad y fueron ensayados a compresión.

La resistencia a la compresión, corregida por esbeltez, para cada probeta será mayor o igual que 315 Kg /cm² a la edad de 28 días.

De este ensayo no se presentara planilla porque durante mi estadía en el laboratorio no se ejecutaron ensayos sobre testigo. Igualmente el procedimiento es exactamente igual al de la rotura de las probetas de hormigón.

3.6. COMPARACIÓN ECONÓMICA ENTRE MATERIALES PARA LA BASE

El proyecto establecía que la base del pavimento rígido este constituida por una mezcla de 70% de suelo del lugar, 30% de triturado 0-6 y 6% de cemento. Esta estructura, además del tiempo necesario para su ejecución, requería que trascurran 7 días para extraer los testigos, ejecutar el ensayo y recién, en caso de que cumpliera las condiciones, poder habilitar la capa y continuar con la ejecución de la losa. En caso de que no cumpliera las exigencias se debía levantar la capa y volver a repetir el proceso.

Debido a que los tiempos de entrega de la obra se acortaron, se decidió reemplazar esta capa por una de hormigón simple H8 de 10 cm de espesor. Esta nueva estructura tiene un tiempo de ejecución mucho menor que la estructura original, además se podía comenzar con la losa del pavimento a las 72 horas de haber sido realizada.

La gerencia de la obra solicito una comparación económica entre ambas alternativas, dicha comparación se anexa a continuación.

- Costo base del suelo cemento

DIMENSIONES CANCHA			
Largo	100,00 m	Superficie	1.000,00 m ²
Ancho	10,00 m	Volumen	150,00 m ³
Espesor	0,15 m	Peso Suelo	270,00 Ton
Dens. Suelo Compactado	1,80 Ton/m ³	Peso Estabiliz.	16,20 Ton
Dosificación	6,00%	N# de Bolsa	10,00 Bolsa
Peso por bolsa	1.620,00 Kg	Kg de Est/m ²	16,20 Kg/m ²
		Kg de Est/m ³	108,00 Kg/m ³

CEMENTO	
Precio por bolsa	3.000,00 \$
Tpte a Obra	0,00 \$
Descarga y Acopio en Obra	50,00 \$
Carga y Tpte en Obra	50,00 \$
Distribución en Obra	50,00 \$
Costo Total por bolsa	3.150,00 \$
Cantidad de Bolsas por m3	0,07
Costo cemento por m3 de suelo Tratado - Sin Laboreo-	\$ 210,00
SUELO	
Densidad de suelo cemento:	1,80 ton/m3
Cantidad de cemento a restar en peso	0,11 ton/m3
Porcentaje de suelo en mezcla A4 y 0-6	70,00%
Cantidad de suelo seco a comprar	1,18 ton/m3
Humedad suelo	12,00%
Esponjamiento	30,00%
Cantidad de suelo a comprar	1,72 tn/m3
Precio del suelo sobre camion en obra por m3	57,29 \$/m3
Costo del m3 de suelo en 1 m3 de suelo compactado	\$ 98,80
ARENA TRITURADA HOLCIM 0-6	
Densidad de suelo cemento:	1,80 ton/m3
Cantidad de cemento a restar en peso	0,11 ton/m3
Porcentaje de suelo en mezcla A4 y 0-6	30,00%
Cantidad de suelo seco a comprar	0,51 ton/m3
Humedad suelo	0,00%
Esponjamiento	0,00%
Cantidad de area a comprar	0,51 tn/m3
Precio del suelo sobre camion en obra por m3	70,00 \$/m3
Costo del m3 de arena en 1 m3 de suelo compactado	\$ 35,53
RIEGO	
Tarifa Camión Regador	\$ 205,00 \$/Viaje
Densidad Maxima	1,80 Ton/m3
Densidad Proctor	100,00%
Humedad Optima	18,00%
Humedad Natural	12,00%
Evaporación	3,00%
DMT	3.000,00 m
Caudal Bomba	40,00 m3/h
Volumen Tanque	12,00 m3/h
Tiempo de Vaciado	15,00 minutos
Velocidad de Transporte	20,00 Km/h
Tiempo de Maniobras	2,00 minutos
Eficiencia del Sistema	95,00%
Agua por m3 de Suelo	162,00 litros/m3
Tiempo de Carga	18,00 minutos
Tiempo de Transporte	18,00 minutos
Tiempo teórico Total	53,00 minutos
Tiempo Real estimado	60,00 minutos
Viajes por Hora	1,00
Aporte / Hora	12,00 m3
Costo \$/m3 de agua	\$ 17,08
Costo riego por m3 de suelo compactado	\$ 2,77

EQUIPOS				
	Tarifa	C.Ut.	\$/hora	Total horas
Motoniveladora	800,00	1,00	800,00	10,00
Tractor con rastra de disco	600,00	1,00	600,00	10,00
Equipo de compactacion	350,00	0,50	175,00	5,00
Rendimiento	15,00	m3/hora		
Costo total por hora	1.575,00	\$/hora		
Cantidad de horas	10,00			
Costo equipos por m3 de suelo compactado	\$ 105,00			

ANALISIS DE PRECIO	
Rendimiento	15,00 m3/hora
Costo material por hora	5.164,92 \$/hora
Costo equipos por hora	1.575,00 \$/hora
Costo riego por hora	41,51 \$/hora

COSTO TOTAL POR HORA	6.781,43
COSTO UNITARIO (\$/m3)	452,10
COSTO UNITARIO (\$/m2)	67,81

A continuación se puede observar dos gráficos donde se representa la incidencia de cada ítem en el costo de la base.

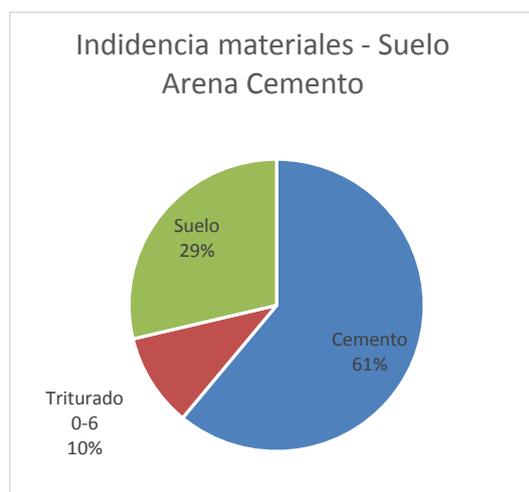
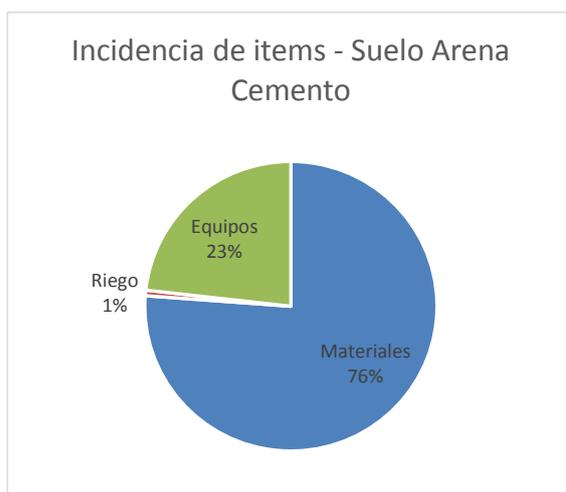


Figura 3.103: Incidencia de los ítems en la base de suelo- 0-6 estabilizada

Figura 3.104: Incidencia de los materiales en la base suelo - 0-6 estabilizada.

- Costo base del hormigón H8

DIMENSIONES CANCHA	
Largo	100,00 m
Ancho	10,00 m
Espesor	0,10 m
Superficie	1.000,00 m2
Volumen	100,00 m3

HORMIGON H8	
Precio por m3	624,00 \$/m ³
Costo total hormigon para cancha	62.400,00 \$
Costo m2	62,40 \$/m ²
Costo hormigon H8 por m3 de base	\$ 624,00

EQUIPOS	
Equipo	Terminadora
Tarifa	756,00 \$/hs
Coefficiente de utilizacion	1,00
Rendimiento	20,00 m3/hs
Cantidad de hs necesarias	5,00 hs
Costo total equipos para cancha	3.780,00 \$
Costo equipos por m3 de base	\$ 37,80

MANO DE OBRA	
Costo m2 de mano de obra	60,48 \$/m2
Costo total de mano de obra para cancha	60.480,00 \$
Costo mano de obra por m3 de base	\$ 604,80

COSTO UNITARIO (\$/m3)	1.266,60
COSTO UNITARIO (\$/m2)	126,66

En referencia a la incidencia de los diferentes ítems:

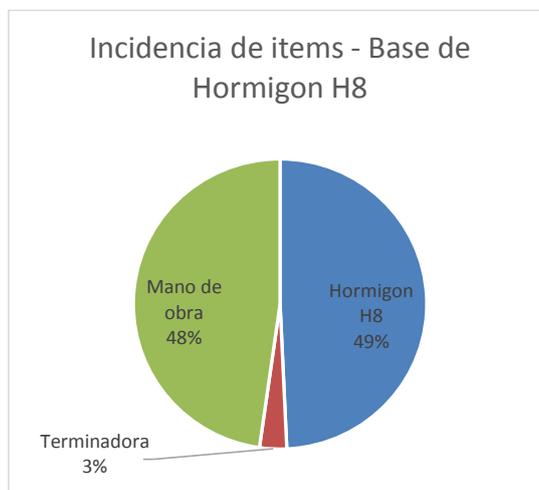


Figura 3.105: Incidencia de los ítem en la base H8

En resumen tenemos:

ALTERNATIVA	COSTO	UNIDAD	DIFERENCIA
Base de Suelo Arena Cemento, con mezcla de 70% Suelo, 30% Arena de trituracion 0-6mm, y cemento al 6%. Espesor 15cm	67,81	\$/m2	53,5%
Base de hormigon pore H8, ejecutado con terminadora. Espesor 10cm	126,66	\$/m2	

Por último, se completa el estudio con la incidencia de las alternativas de la base en la estructura completa del pavimento.

Costo de la estructura total con base estabilizada	(\$/m2)	Costo de la estrucutra total con base H8	(\$/m2)
Subrasante	37,81	Subrasante	37,81
Subbase suelo - 0-6	38,86	Subbase suelo - 0-6	38,86
Base suelo-0-6 estabilizada	67,81	Base H8	126,66
Losa de Hormigón	340,32	Losa de Hormigón	340,32
Costo estructura total por m2	484,81	Costo estructura total por m2	543,65

Costo de la estructura total con base estabilizada	484,81
Costo de la estructura total con base H8	543,65
Diferencia (\$/m2)	58,85
Diferencia (%)	10,82%

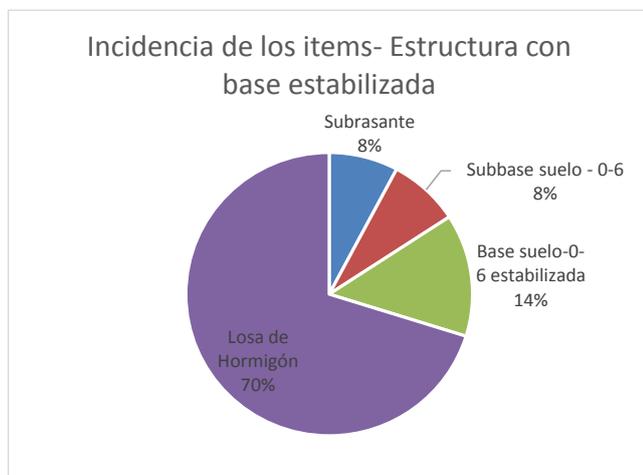


Figura 3.106: Incidencia de los ítems en la estructura completa del pavimento con base estabilizada.

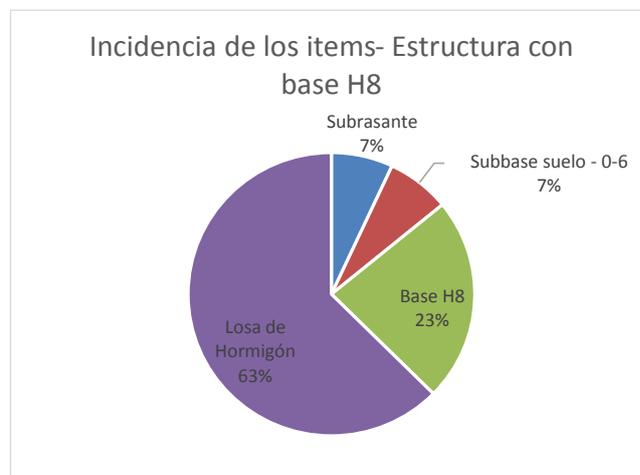


Figura 3.107: Incidencia de los ítems en la estructura completa del pavimento con base H8

En conclusión podemos decir que la base seleccionada tiene un costo del 53,5% más que la base de proyecto. Por otro lado, si se compara el costo total de la estructura del pavimento utilizando la base de hormigón H8 en lugar de la base estabilizada se observa una diferencia menor e igual al 10, 82%. Por lo que a priori, desde un punto de vista económico, no convendría la modificación del proyecto, pero la prioridad no fue económica, sino que fue utilizar aquella estructura que permita continuar con la ejecución del pavimento lo más rápido posible. Además podemos observar en los gráficos anteriores que el costo que domina en la estructura del pavimento es el de la losa de hormigón y no la de la base, por lo que el cambio no tiene gran incidencia en el costo total de la estructura.

Esto demuestra que muchas veces la elección de una alternativa no solo pasa por cual es la más conveniente desde un punto de vista económico, sino que se priorizan otros aspectos. Se debe aclarar que ambas bases son aptas técnicamente para ser utilizadas como tal y ambas son aprobadas por la inspección.

3.7. CÓMPUTO DE LOS ELEMENTOS DEL PAVIMENTO

El cómputo de los elementos que forman la estructura del pavimento fue una de las tareas que me toco realizar durante el transcurso de la práctica profesional. El computo de materiales o cuantificación que realice se puede dividir en dos grupos:

- A) Cómputo de materiales para abastecimiento:** son todos aquellos cálculos que se realizaron para garantizar la disponibilidad de los materiales al momento de su uso.
- B) Cómputo para certificación:** hace referencia a la cuantificación del movimiento de suelo y de los materiales utilizados en la estructura del pavimento en un determinado mes para luego realizar el certificado correspondiente.

A continuación se detalla el procedimiento realizado en cada uno de los grupos.

3.7.1. Cómputo de materiales para abastecimiento

El abastecimiento es la actividad mediante la cual se provee a la obra de todo el material necesario para su funcionamiento. El objetivo principal de este cómputo fue garantizar la disponibilidad de los elementos y los materiales necesarios para la ejecución del pavimento en el momento que se los necesite. Además permite lograr las siguientes ventajas:

- Evitar paradas no prevista en el avance de la obra por falta de materiales.
- Evitar la compra de materiales de forma inmediata, no pudiendo garantizar de esta forma la calidad ni el precio de los mismos.
- Permite la compra de materiales en cantidad suficiente y en forma programada, disminuyendo los precios. Además evita la compra en exceso, disminuyendo deterioros y desperdicios.
- Buscar y mantener proveedores competentes.
- Proporcionar un flujo interrumpido de materiales.
- Informarme a los proveedores las cantidades que se van a necesitar en el corto plazo. En esta obra debido a su magnitud se requieren cantidades importantes de materiales, motivo por el cual la previsión de dichas cantidades a los proveedores toma una mayor importancia.

Al final del capítulo se adjunta un plano (Plano N° 3.1) donde se indica todas las zonas en donde se realizó el cómputo. Luego, se explica el cálculo realizado en las diferentes capas de la estructura del pavimento de hormigón.

3.7.1.1. Subbase Suelo – 0-6

Esta capa está compuesta de 70% de suelo y 30 % de triturado 0-6. El suelo se obtiene de la obra, por lo que el abastecimiento está garantizado. El tritura 0-6 lo provee la empresa HOLCIM por lo que resultó necesario informarle las cantidades que se van a utilizar.

Este material se compra por volumen, por lo que se debió calcular los m³ de material necesario. Para ello se necesitó las tres dimensiones de la capa, es decir, la longitud, el ancho y el espesor de la capa. Cada dimensión se obtiene:

- **Longitud:** se mide en AutoCAD la longitud de todas las calzadas que se van a ejecutar.
- **Espesor:** se obtiene del perfil tipo, en este caso es 0,2m.
- **Ancho:** se obtiene sumando al ancho de la calzada de hormigón los sobrecargos constructivos de cada capa. Estos dependen del tipo de borde que tenga el pavimento en esa zona, es decir, depende de que tenga banquina o cordón. A continuación se adjuntan los esquemas con los sobrecargos correspondientes:

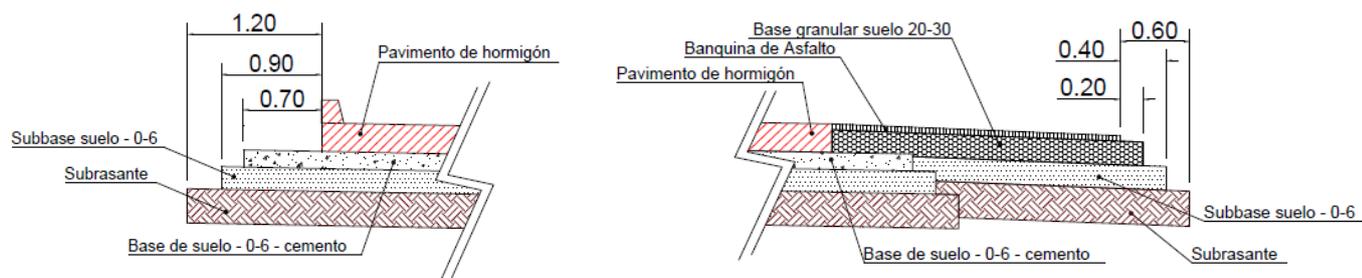


Figura 3.109: Sobrecargos para borde con banquina.

Figura 3.108: Sobrecargos para borde con cordón.

La siguiente tabla indica, para cada tramo el volumen necesario de suelo y el del triturado:

Referencia en el plano	Tramo	Longitud m	Ancho m	Espesor m	Volumen Total m ³	Volumen Suelo	Volumen triturado
						(70%) m ³	0-6 (30%) m ³
1	Rama indirecta Gama Prog. 0+140 a 0+217	77	8	0,2	123,2	36,96	86,24
2	Rama indirecta Gama Prog. 0+271 a 0+350	79	9	0,2	142,2	42,66	99,54
3	Rama indirecta Ferrocons Prog. 0+160 a 0+196	81	8	0,2	129,6	38,88	90,72
4	Rama indirecta Ferrocons Prog. 0+292 a 0+373	36	9	0,2	64,8	19,44	45,36
5	Rotonda Prog. 0+037 a 0+085	48	11,2	0,2	107,52	32,256	75,264
6	Rotonda Prog. 0+085 a 0+180	95	11,5	0,2	218,5	65,55	152,95
7	Rotonda Prog. 0+180 a 0+232	52	11,2	0,2	116,48	34,944	81,536
8	Rotonda Prog. 0+405 a 0+466	60	11,2	0,2	134,4	40,32	94,08
9	Rotonda Prog. 0+466 a 0+37	52	11,5	0,2	119,6	35,88	83,72
TOTAL (m ³)						346,89	809,41

Tabla 3.10: Cómputo del material para la subbase.

3.7.1.2. Base suelo – 0-6 – cemento

En esta capa fue necesario calcular la cantidad de suelo, la del triturado 0-6 y la de cemento. Para los dos primeros vale lo dicho en el punto anterior. Para el caso del cemento, como la dosificación establece utilizar un 6% de este material, se le aplica ese porcentaje al volumen total de la capa y así se obtiene la cantidad de cemento que se requiere. El cemento se compra en bolsones de 1,62 Tn cada uno. Para obtener el paso de cemento necesario se multiplico el volumen por la densidad del cemento (1,799 Tn/m³).

A continuación se observa la tabla con los cálculos realizados:

Referencia en el plano	Tramo	Longitud m	Ancho m	Espesor m	Volumen Total m ³	Volumen Suelo (70%) m ³	Volumen triturado 0-6 m ³	Cemento		
								Volumen m ³	Peso Tn	Bolsones Unidades
1	Rama indirecta Gama Prog. 0+140 a 0+217	77	7,6	0,15	87,78	26,334	61,446	5,2668	9,47	6
2	Rama indirecta Gama Prog. 0+271 a 0+350	79	8,6	0,15	101,91	30,573	71,337	6,1146	11,00	7
3	Rama indirecta Ferrocons Prog. 0+160 a 0+196	81	7,6	0,15	92,34	27,702	64,638	5,5404	9,97	6
4	Rama indirecta Ferrocons Prog. 0+292 a 0+373	36	8,6	0,15	46,44	13,932	32,508	2,7864	5,01	3
5	Rotonda Prog. 0+037 a 0+085	48	10,8	0,15	77,76	23,328	54,432	4,6656	8,39	5
6	Rotonda Prog. 0+085 a 0+180	95	11,1	0,15	158,175	47,4525	110,7225	9,4905	17,07	11
7	Rotonda Prog. 0+180 a 0+232	52	10,8	0,15	84,24	25,272	58,968	5,0544	9,09	6
8	Rotonda Prog. 0+405 a 0+466	60	10,8	0,15	97,2	29,16	68,04	5,832	10,49	6
9	Rotonda Prog. 0+466 a 0+37	52	11,1	0,15	86,58	25,974	60,606	5,1948	9,35	6
TOTAL						249,7275	582,6975			55

Tabla 3.11: Cómputo del material para la base estabilizada.

3.7.1.3. Losa de hormigón

Para esta capa se necesitó calcular la cantidad de pasadores, de barras de unión y las camas que se utilizan para colocar estos materiales. Como también la cantidad de hormigón, del producto de curado (antisol) y del tomado de las juntas.

El cálculo del volumen de hormigón se realiza con la misma metodología que se utilizó en las capas anteriores, es decir, se calcula el volumen de la capa determinando el ancho, la longitud y el espesor de la misma.

A continuación se explica el cálculo de cada una de las juntas:

- a) **Juntas transversales:** Estas juntas están separadas cada 4,5 m. Por lo tanto para determinar la cantidad de juntas se dividió la longitud del tramo por 4,5m, a este valor se lo multiplico por el ancho de la calzada y se obtuvo la longitud total de la junta. Como el espesor de la calzada de hormigón es 0,25m, los pasadores que se utilizan en esta calzada son de diámetro 25mm con una separación de 0,25m. Para determinar la cantidad de pasadores se dividió la longitud total de juntas por la separación de los pasadores (0,25m). Por último se determinó la cantidad de camas que se utilizan para colocar los pasadores, estas tienen una longitud de 4m, por lo tanto para obtener dicha cantidad se dividió la longitud de las juntas por 4m.

b) Juntas longitudinales: Estas juntas solo se materializan en la rotonda debido a que el ancho de calzada lo justifica. Como el ancho de calzada de las ramas indirectas es de 5m no se requirió junta longitudinal. La longitud de las juntas se obtuvo a partir de la longitud del tramo considerado, en el caso de los tramos 5,7 y 8 se tiene dos juntas longitudinales. Para el caso de los tramos 6 y 9 se tiene una junta en la totalidad de la longitud del tramo y dos juntas de 13m en las intersecciones con las ramas. Las barras de unión que se utilizaron en este caso son de 10mm de diámetro colocadas cada 0,75m, por lo tanto para obtener la cantidad se dividió la longitud de las juntas por 0,75m. Las unidades de camas para la colocación de las barras de unión se obtuvieron de la misma forma que para las camas en la junta transversal.

El líquido de curado se comercializa en tachos de 200 litros, y tiene un rendimiento de 0,25l/m². Por lo que para obtener la cantidad de litros de este producto se multiplicó el rendimiento por el área de cada tramo, este valor dividido 200 permitió obtener la cantidad de tachos que se necesitaron.

Por último, para el tomado de juntas se necesitó saber la longitud que se desea realizar. El rendimiento del producto es 0,5 m/m². Por lo que multiplicando el rendimiento por el área de cada tramo se obtuvo la longitud del producto a aplicar.

La tabla con los valores de los materiales para este caso es:

Referencia en el plano	Tramo	Longitud m	Ancho	Área m ²	Espesor m	Volumen de Hormigón m ³
1	Rama indirecta Gama Prog. 0+140 a 0+217	77	5,2	400,4	0,25	100,1
2	Rama indirecta Gama Prog. 0+271 a 0+350	79	5,2	410,8	0,25	102,7
3	Rama indirecta Ferrocons Prog. 0+160 a 0+196	81	5,2	421,2	0,25	105,3
4	Rama indirecta Ferrocons Prog. 0+292 a 0+373	36	5,2	187,2	0,25	46,8
5	Rotonda Prog. 0+037 a 0+085	48	9,4	451,2	0,25	112,8
6	Rotonda Prog. 0+085 a 0+180	95	8,2	779	0,25	194,75
7	Rotonda Prog. 0+180 a 0+232	52	9,4	488,8	0,25	122,2
8	Rotonda Prog. 0+405 a 0+466	60	9,4	564	0,25	141
9	Rotonda Prog. 0+466 a 0+37	52	8,2	426,4	0,25	106,6
TOTAL						1032,25

Tabla 3.12: Cómputo del volumen de hormigón.

Referencia en el plano	Tramo	Juntas Transversales				juntas Longitudinales		
		Cantidad de juntas c/ 4,5 m	Longitud total de juntas	Cantidad Pasadores φ25	Cantidad Camas	Longitud total de juntas	Cantidad Barras de unión φ10	Cantidad Camas
		Unidades	m	Unidades	Unidades	m	Unidades	Unidades
1	Rama indirecta Gama Prog. 0+140 a 0+217	17,11	88,98	356	22	-	-	-
2	Rama indirecta Gama Prog. 0+271 a 0+350	17,56	91,29	365	23	-	-	-
3	Rama indirecta Ferrocons Prog. 0+160 a 0+196	18,00	93,60	374	23	-	-	-
4	Rama indirecta Ferrocons Prog. 0+292 a 0+373	8,00	41,60	166	10	-	-	-
5	Rotonda Prog. 0+037 a 0+085	10,67	100,27	401	25	96	128	24
6	Rotonda Prog. 0+085 a 0+180	21,11	173,11	692	43	121	161	30,25
7	Rotonda Prog. 0+180 a 0+232	11,56	108,62	434	27	104	139	26
8	Rotonda Prog. 0+405 a 0+466	13,33	125,33	501	31	86	115	21,5
9	Rotonda Prog. 0+466 a 0+37	11,56	94,76	379	24	104	139	26
TOTAL				3670	229		681	128

Tabla 3.13: Cómputo de los elementos de las juntas.

Referencia en el plano	Tramo	Área m ²	Antisol		Tomado de Juntas
			lts	Tachos	Longitud m
1	Rama indirecta Gama Prog. 0+140 a 0+217	400,4	100,1	0,5	200,2
2	Rama indirecta Gama Prog. 0+271 a 0+350	410,8	102,7	0,5	205,4
3	Rama indirecta Ferrocons Prog. 0+160 a 0+196	421,2	105,3	0,5	210,6
4	Rama indirecta Ferrocons Prog. 0+292 a 0+373	187,2	46,8	0,2	93,6
5	Rotonda Prog. 0+037 a 0+085	451,2	112,8	0,6	225,6
6	Rotonda Prog. 0+085 a 0+180	779	194,75	1,0	389,5
7	Rotonda Prog. 0+180 a 0+232	488,8	122,2	0,6	244,4
8	Rotonda Prog. 0+405 a 0+466	564	141	0,7	282,0
9	Rotonda Prog. 0+466 a 0+37	426,4	106,6	0,5	213,2
TOTAL				5,2	2065

Tabla 3.14: Cómputo del antisol y el sellado de juntas.

3.7.2. Cómputo para certificación

Este cómputo hace referencia a todos los cálculos necesario para cuantificar el movimiento de suelo en la excavación y/o terraplén, como también a la cuantificación de las cantidades de materiales usados en la estructura del pavimento para realizar el certificado del trabajo ejecutado.

Los volúmenes de los elementos que constituyen el paquete estructural del pavimento, base, subbase y hormigón para la losa, se obtuvieron de los cálculos realizados en el apartado anterior. El volumen de la subrasante, se obtuvo con la misma metodología de los demás elementos de la estructura, y dicho cálculo se observa a continuación:

Referencia en el plano	Tramo	Longitud	Ancho	Espesor	Volumen Suelo
		m	m	m	m ³
1	Rama indirecta Gama Prog. 0+140 a 0+217	77	8,4	0,3	194,04
2	Rama indirecta Gama Prog. 0+271 a 0+350	79	9,4	0,3	222,78
3	Rama indirecta Ferrocons Prog. 0+160 a 0+196	81	8,4	0,3	204,12
4	Rama indirecta Ferrocons Prog. 0+292 a 0+373	36	9,4	0,3	101,52
5	Rotonda Prog. 0+037 a 0+085	48	11,6	0,3	167,04
6	Rotonda Prog. 0+085 a 0+180	95	11,9	0,3	339,15
7	Rotonda Prog. 0+180 a 0+232	52	11,6	0,3	180,96
8	Rotonda Prog. 0+405 a 0+466	60	11,6	0,3	208,8
9	Rotonda Prog. 0+466 a 0+37	52	11,9	0,3	185,64
TOTAL (m ³)					1804,05

Tabla 3.15: Cómputo del volumen de suelo para la subrasante.

Lo que se debe computar es el movimiento de suelo realizado, esto es la cantidad de excavación y de terraplén que se realizó.

3.7.2.1. Excavación

Este ítem en el certificado se denomina **excavación no clasificada para caminos**, es el ítem N°6 subdivisión "a". Existe otro ítem que se denomina apertura de caja, este ítem hace referencia a la excavación pero solo limitada a las dimensiones del paquete estructural generando una caja. Las excavaciones realizadas en la zona de estudio no corresponden a este último ítem porque no solo se realizó la apertura de caja, sino que también se excavo mayores dimensiones para utilizar estas zonas como caminos

internos de la obra. Es importante realizar esta diferenciación debido a que los precios de cada ítem no son los mismos.

A continuación se presentan dos dibujos, en el primero se observa los puntos relevados del terreno natural (puntos superiores) y los de la excavación (puntos inferiores), la superficie rayada representa el área de excavación no clasificada y el segundo el área de apertura de caja.

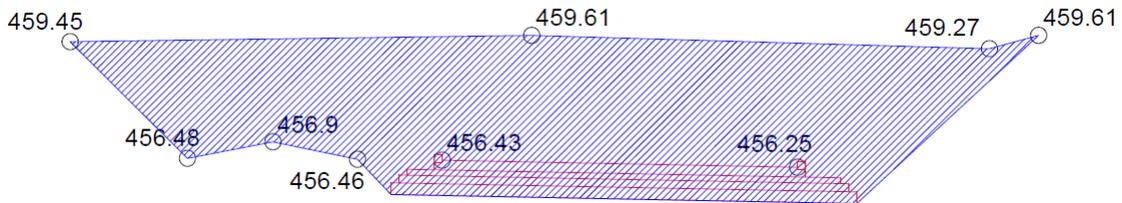


Figura 3.110: Representación de excavación no clasificada.

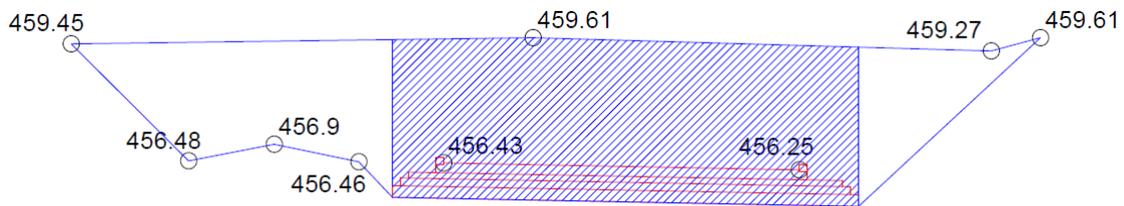
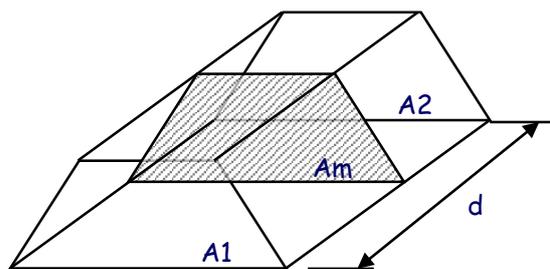


Figura 3.111: Representación apertura de caja.

Para cuantificar los volúmenes de excavación se utilizó el **método de las áreas medias**, en el cual se toma el volumen entre dos secciones considerando que la traza entre las mismas es recta. Las áreas de cada sección y la distancia entre ellas se miden en AutoCAD. Luego a partir de esos datos se determina el volumen con las siguientes expresiones:



$$A_m = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$V(m^3) = A_m * d$$

Figura 3.112: Esquema y formulas del método de las áreas medias.

La separación aproximada de cada sección es de 10 m y los perfiles se dibujaron perpendiculares al eje de la calzada, sobre juntas transversales.

Para poder realizar los perfiles se necesita de un relevamiento topográfico del terreno natural y de los puntos excavados. Se debe aclarar, que en este sector no se realizó un relevamiento de los puntos del fondo de la excavación como generalmente sucede para el resto de las zonas. Solo se contó con los puntos del terreno natural y los de una excavación que se realizó al inicio de la obra para utilizar esta zona como camino interno.

Es por esto que se optó por considerar como puntos inferiores de la excavación del paquete estructural los bordes de la capa de la subrasante, es decir una cota de fondo de excavación teórica.

Todos los datos de relevamiento fueron provistos por el área de topografía en formato AutoCAD. Además se necesitaron las coordenadas de la calzada que se desea computar el movimiento de suelo, en este caso, estos puntos los obtuve como parte de las tareas realizadas en mi práctica supervisada y el procedimiento se explicara en los siguientes capítulos.

Entonces, para realizar los perfiles y obtener el área de cada uno de ellos, se añadieron los puntos del relevamiento topográfico en un archivo de AutoCAD donde está la planta con el dibujo geométrico de la calzada que se desea computar el movimiento de suelo. Se tomó una junta transversal como inicio y se dibujó el primer perfil, luego a partir de esa junta se hicieron equidistancias a 10m y se continuó con los perfiles. Sobre cada junta que se va a dibujar el perfil, se realizó una línea de referencia o de corte que se extiende en lo ancho hasta donde se desea computar el movimiento de suelo, como se mencionó anteriormente estas líneas son perpendiculares al eje de la calzada. Las líneas de referencia indican por donde va a pasar el perfil que se va a realizar. Luego, se dibujó el perfil de la calzada con los espesores y sobrecargos correspondientes al proyecto, a este perfil se le dibujaron los puntos del terreno natural que intercepto la línea de referencia. Se unieron todos estos puntos y se genera la superficie de excavación. Además, se dibujaron los canales, alcantarillas y demás obras de arte que se interceptaron con las líneas de corte.

A continuación se agregan algunos perfiles de los realizados para la rotonda, rama indirecta Gama y rama indirecta Ferrocons.

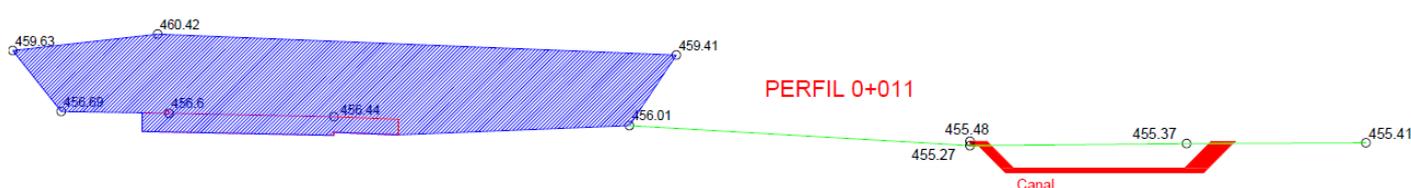


Figura 3.113: Perfil correspondiente a la progresiva 0+011 de la rotonda.

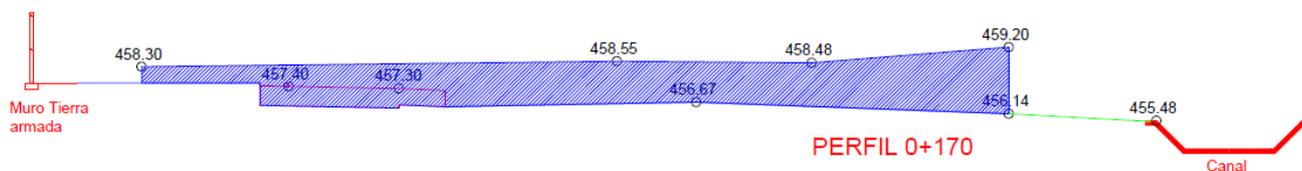


Figura 3.114: Perfil correspondiente a la progresiva 0+170 de la rama indirecta Gama.

Finalizado el dibujo de todos los perfiles se prosiguió a determinar el área de excavación de cada uno de ellos, esto se realizó con el propio AutoCAD.

Medidas las distancias entre los perfiles y determinadas las áreas de cada uno de ellos, se realizó el cálculo en una planilla de Excel. A continuación se adjuntan las tablas realizadas.

EXCAVACIÓN RAMA INDIRECTA GAMA							
Progresiva	Distancia [m]	Área Desmonte [m ²]	Área Terraplén [m ²]	Desmonte	Terraplén	Desmonte	Terraplén
				Área Media [m ²]	Área Media [m ²]	Volumen [m ³]	Volumen [m ³]
170		80,23					
	9			94,13		847,13	
179		108,02					
	9			117,82		1060,38	
188		127,62					
	9			140,54		1264,86	
197		153,46					
	9			145,75		1311,71	
206		138,03					
	9			105,10		945,90	
215		72,17					
271		20,86					
	16			22,25		356,00	
287		23,64					
	13			31,75		412,75	
300		39,86					
	14			37,13		519,82	
314		34,40					
	14			31,06		434,84	
328		27,72					
TOTAL	102					7153,38	0,00
						Desmonte Volumen [m ³]	Terraplen Volumen [m ³]

Tabla 3.16: Compuo del volumen de excavación en rama indirecta Gama.

EXCAVACIÓN RAMA INDIRECTA FERROCONS							
Progresiva	Distancia [m]	Área Desmonte [m ²]	Área Terraplén [m ²]	Desmonte	Terraplén	Desmonte	Terraplén
				Área Media [m ²]	Área Media [m ²]	Volumen [m ³]	Volumen [m ³]
161		31,09					
	14			30,18		422,52	
175		29,27					
	12			32,18		386,16	
187		35,09					
	7			37,70		263,87	
194		40,3					
292		120,41					
	17			102,86		1748,62	
309		85,31					
	9			77,77		699,89	
318		70,22					
	9			64,59		581,31	
327		58,96					
	9			54,39		489,51	
336		49,82					
	8			43,15		345,20	
344		36,48					
TOTAL	85					4937,07	0,00
						Desmonte Volumen [m ³]	Terraplen Volumen [m ³]

Tabla 3.17: Compuo del volumen de excavación en rama indirecta Ferrocons.

EXCAVACIÓN ROTONDA PARTE NORTE							
Progresiva	Distancia [m]	Área Desmonte [m ²]	Área Terraplén [m ²]	Desmonte Área Media [m ²]	Terraplén Área Media [m ²]	Desmonte Volumen [m ³]	Terraplén Volumen [m ³]
415		33,96					
	9			33,96		305,64	
424		33,96					
	9			33,96		305,64	
433		33,96					
	9			33,96		305,64	
442		33,96					
	9			33,96		305,64	
451		33,96					
	9			33,96		305,64	
460		33,96					
	10			31,54		315,40	
470		29,12					
	12			88,31		1059,66	
482		147,49					
	13			162,64		2114,32	
11		177,79					
	14			128,29		1796,06	
25		78,79					
	12			45,84		550,08	
37		12,89					
	8			16,50		132,00	
45		20,11					
	9			15,26		137,30	
54		10,40					
	9			10,61		95,45	
63		10,81					
	9			11,15		100,35	
72		11,49					
	13			12,55		163,15	
85		13,61					
	15			50,50		757,50	
100		87,39					
	8			85,71		685,64	
108		84,02					
	8			90,61		724,88	
116		97,20					
	9			105,56		950,00	
125		113,91					
	9			109,84		988,52	
134		105,76					
	9			101,02		909,14	
143		96,27					
	9			88,66		797,94	
152		81,05					
	9			72,22		649,94	
161		63,38					
	19			39,43		749,17	
180		15,48					
	13			15,34		199,36	
193		15,19					
	9			15,19		136,71	
202		15,19					
	9			15,19		136,71	
211		15,19					
	9			15,19		136,71	
220		15,19					
	12			13,44		161,22	
232		11,68					
TOTAL	301					15975,38	0,00
						Desmonte Volumen [m ³]	Terraplén Volumen [m ³]

Tabla 3.18: Compuo del volumen de excavación en rotonda.

Obtenido el volumen de excavación se procede a realizar el certificado correspondiente. A continuación se presenta una tabla resumen con las cantidades obtenidas:

Referencia	Volumen de desmonte m ³
Rotonda	15975,38
Rama ind Gama	7153,38
Canal P	295,52
Rama ind Ferrocons	4937,07
Total	28361,34

Tabla 3.19: Tabla resumen.

3.7.2.2. Terraplén

Como volumen de terraplén se considera a la diferencia que existe entre la zona excavada y el paquete estructural. Como se mencionó en el punto anterior, en esta zona no se tenía relevado los puntos inferiores de la excavación y se consideró de forma teórica la excavación hasta la parte inferior del paquete estructural, por lo que no existe diferencia entre en la zona excavada y el paquete estructural, por ende no se tiene volumen de terraplén.

A modo de ejemplo, se adjuntan dos perfiles que corresponden al ensanche de la calzada de la Avenida Ejército Argentino. Se debe aclarar que estos perfiles corresponden a un pavimento de asfalto, por lo que el paquete estructural es diferente. En el primero de ellos puede verse el área de terraplén y en el segundo el área de excavación.

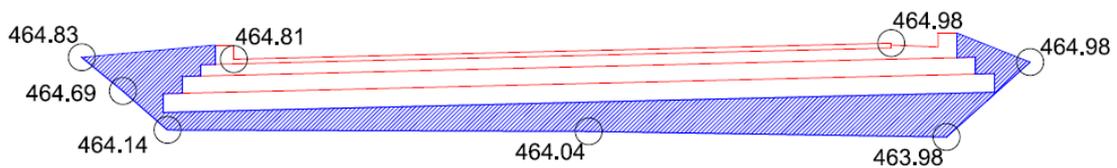


Figura 3.115: Representación área de terraplén.

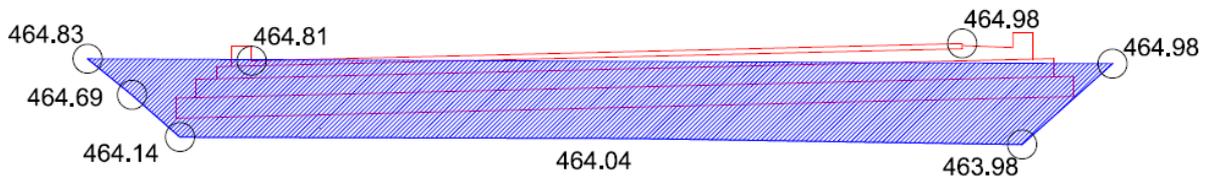
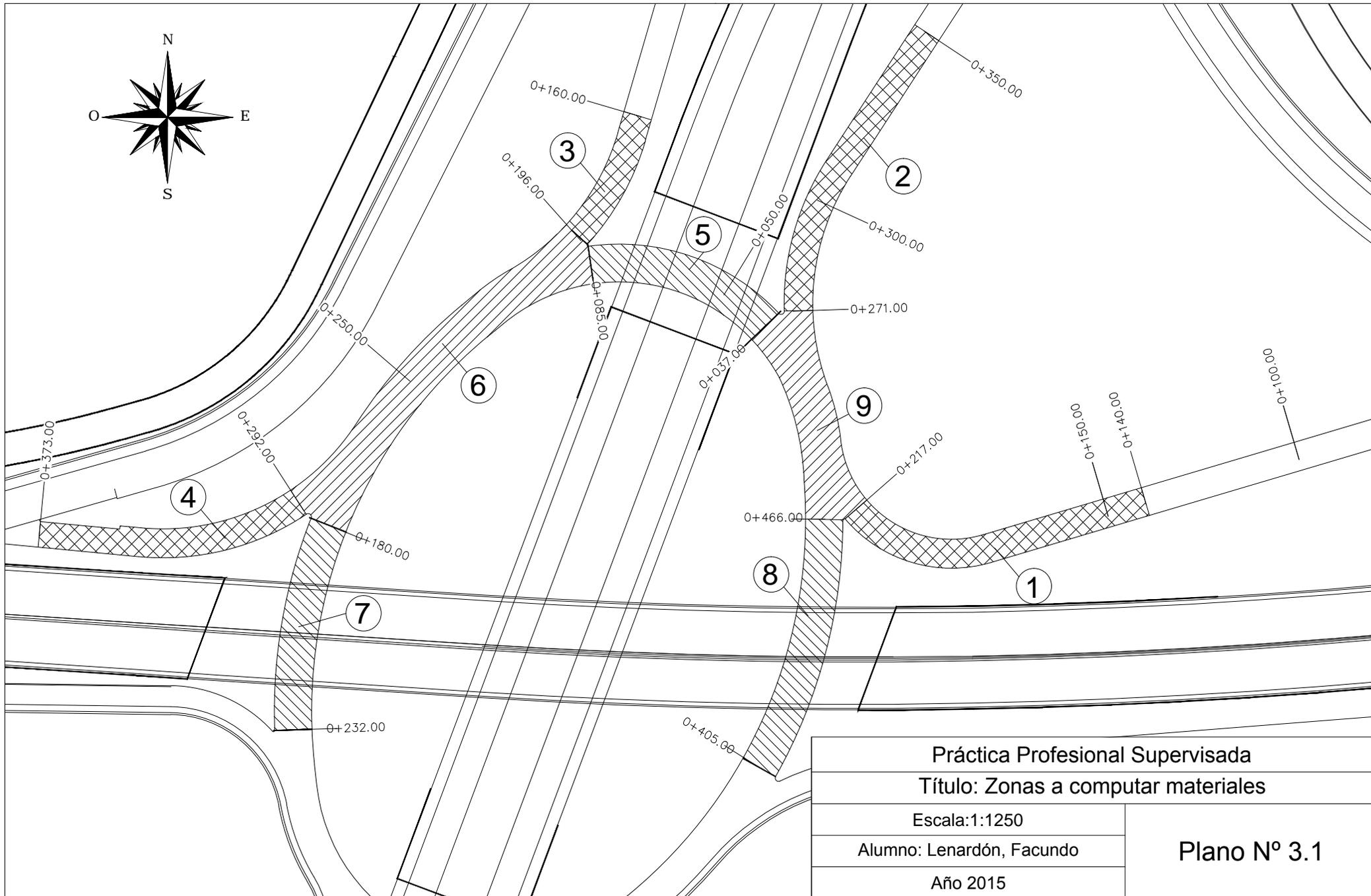


Figura 3.116: Representación área de excavación.

El computo se realiza de la misma forma que para la excavación, es decir se mide el área y se utiliza el método de las áreas medias.

El certificado del movimiento de suelo estuvo a cargo de otra persona, por lo que mi tarea en este tema finalizó con la entrega de las planillas con los cálculos y el archivo de AutoCAD con los perfiles.



Práctica Profesional Supervisada	
Título: Zonas a computar materiales	
Escala: 1:1250	
Alumno: Lenardón, Facundo	
Año 2015	
Plano N° 3.1	

Capítulo 4 - DISEÑO DE JUNTAS EN PAVIMENTOS DE HORMIGON

4.1. DISEÑO DE JUNTAS EN RAMAS INDIRECTAS Y ROTONDA

4.1.1. Introducción

Las juntas desempeñan un rol fundamental en toda la estructura de los pavimentos rígidos, ya que dividen la calzada en losas de dimensiones adecuadas, permitiendo incorporar los mecanismos de transferencia de carga así como las cajas para alojar el material de sellado.

Las juntas se diseñan para controlar y mantener la calidad y la capacidad estructural de un pavimento con bajos costos de conservación.

Los objetivos principales de las juntas son:

- Controlar la fisuración longitudinal y transversal debido a la contracción restringida (por la fricción con la capa inferior), a los efectos combinados de las tensiones de alabeo (por diferencia de temperatura y humedad) y las producidas por las cargas del tránsito.
- Permitir el libre movimiento de las losas.
- Proveer transferencia de carga entre losas.
- Proveer un reservorio para colocar el material del sello.

El diseño de juntas se efectuó considerando la exigencia en servicio, por lo cual se debió analizar las dimensiones óptimas de las losas a fin de mantener acotadas las tensiones de alabeo durante el período de diseño. A edad temprana, si bien las tensiones que se desarrollan son inferiores a las previstas en servicio, se debe controlar su desarrollo dado que el hormigón aún cuenta con poca resistencia y, en particular, a la tracción.

Por medio de un adecuado diseño y ejecución de las juntas transversales y longitudinales, se "copia" el patrón de fisuración que naturalmente se desarrolla en el pavimento.

4.1.2. Separación entre juntas

Debido a que las juntas en el pavimento definen el tamaño de las losas de calzada, y por ende las tensiones que se generan por alabeo, la separación entre juntas es uno de los parámetros fundamentales a evaluar durante la etapa de proyecto.

Existen distintos factores que influyen en la elección de la separación de las juntas más convenientes, tales como el espesor de calzada, la rigidez de la base, el módulo de elasticidad del hormigón, las condiciones climáticas, y el nivel de tránsito pesado. Es por ello que, al momento de analizar la separación entre juntas a emplear en un proyecto determinado, debe considerarse en primera instancia, la experiencia adquirida a nivel local con los materiales locales. Siempre resulta una buena práctica para el diseño de

juntas observar en la zona de implantación de la obra la existencia de vías de similares características a la que se está proyectando, y analizar las separaciones entre juntas empleadas, así como su comportamiento en servicio.

No existe una normativa que establezca límites máximo ni mínimos para la definir la separación entre juntas, solo recomendaciones de manuales que están basados en estudios de diferentes casos que se ejecutaron y se estudió su desempeño posterior.

Para el caso en estudio se utilizaron las recomendaciones del "Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón" del Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA):

$$Sep. Máxima = K * e$$

Donde:

- e = Espesor de la calzada.
- K = constante, igual a 21 para bases tratadas (con cemento o asfalto) o 24 (para bases no tratadas).

Asimismo, deben conformarse losas tan cuadradas como resulte posible, para lo cual el manual recomienda:

$$\frac{Largo}{Ancho} \leq 1,25$$

Por último, se recomienda evitar ángulos menores a 60° siendo lo ideal que los encuentros se realicen a 90°.

4.1.3. Procedimiento realizado en el diseño

Unas de las tareas realizadas en la oficina técnica de la obra fue el diseño de juntas de las calzadas de hormigón. Esto se debe a que el proyecto viene definido en su geometría y con puntos georreferenciados cada 10 m, pero para poder construir el pavimento se necesitan cotas en los extremos exteriores de los bordes de losas, o lo que es lo mismo, en los extremos de las juntas transversales.

Por lo expuesto en el párrafo anterior, lo primero que se realizó es el diseño de las juntas siguiendo las recomendaciones del "Manual de Diseño y Construcción de Pavimentos de Hormigón" del Instituto del Cemento Portland Argentino. Como la calzada donde se va a diseñar las juntas tiene un espesor de 0,25m se obtiene:

$$Sep. Máxima = K * e = 21 * 0,25 m = 5,25m$$

De la relación de lados se puede obtener:

$$\frac{Largo}{1,25} \leq Ancho \rightarrow Ancho \geq \frac{5,25m}{1,25} = 4,2 m$$

A continuación se explica los criterios utilizados para los diferentes tipos de juntas en las diferentes calzadas que se necesitaba diseñar las juntas.

Se diseñaron las juntas para dos tipos de calzadas, ellas son:

- a) **Rama indirecta Gama y Ferrocons:** Estas ramas tienen un ancho de calzada de hormigón de 5,2m. Por lo tanto, se utilizó esta medida como longitud de las juntas transversales. La separación entre juntas que se adoptó fue 4,5m, cumpliendo con la recomendación del Manual. Estas ramas no requieren junta longitudinal. Parte de estas ramas estaban ejecutadas, es por ello que solo se diseñan en donde todavía no se realizó la calzada.
- b) **Rotonda:** en este caso el ancho de la calzada de hormigón es 9,4m en algunos sectores y 8,2m en otros, por lo tanto se necesita diseñar tres tipos de juntas:
- b.1) **Junta longitudinal de construcción:** esta se debe ejecutar debido a que la máquina utilizada para realizar la calzada tiene un ancho máximo de trabajo de 8,5m. Por lo tanto la calzada se realiza en dos etapas, una primera de 8,2m utilizando la máquina y generando la junta descrita y luego una segunda de 1,2m. Para el caso de los sectores de ancho de calzada de 8,2m no se utilizó esta junta.
- b.2) **Junta longitudinal o de articulación:** esta se genera debido a que el ancho de calzada generado en la primera etapa de construcción es de 8,2m, de modo que si no existiera esta junta, cuando se realicen las juntas transversales quedarían losas muy grandes, no cumpliendo las recomendaciones del Manual del ICPA. Por lo tanto se diseña una junta longitudinal en toda la calzada a 4,1m del borde interno del cordón.
- b.3) **Junta trasversal o de contracción:** esta junta se realiza para que junto con la de articulación se generen losas cuadrados y cumpla con las recomendaciones anteriores. La longitud es el ancho de la calzada, es decir 4,1 metros para la calzada de mayor dimensión y 1,2m para de menor dimensión. La separación es cada 4,5m.

Las medidas mencionadas en los párrafos anteriores son medidas que se adoptaron en general a lo largo de la rotonda o las ramas, pero existen algunos sectores particulares que por su forma o dimensiones tienen otras medidas, estas particularidades se da en general en las intersecciones de las ramas con la rotonda. En estos casos se siguen las mismas recomendaciones que las utilizadas en los casos recién descritos.

Una vez diseñadas las juntas, se procedió a determinar las cotas de cada uno de los extremos de las juntas transversales. Estos puntos son los que permiten construir el pavimento, debido a que permite replantear en ambas direcciones (X e Y) y en altura toda la calzada y en todas sus capas. Por lo tanto es una tarea sumamente importante que permite ejecutar el pavimento como se diseñó en el proyecto.

Para ellos se utilizó los puntos georreferenciados de proyecto distanciados cada 10m y ubicados en el borde interno del cordón de la calzada, y se procedió a interpolar linealmente entre dichos puntos, para así obtener las cotas de los extremos de las juntas.

Diseñadas las juntas y determinadas las cotas, se realizó un plano con estos elementos y se construyó una tabla en donde se indicó, el número, la coordenada "X" e "Y" y la cota del punto. Estos se entregan al área de topografía para que realice el replanteo. Estos datos se exportan a Excel a través de comandos de AutoCAD.

A continuación se observa a modo de ejemplo una parte de la tabla con las indicaciones de los puntos:

Punto Nº	X	Y	Cota
1	4379675,828	6526540,035	457,5
3	4379671,513	6526538,76	457,49
4	4379667,196	652653,7488	457,47
5	4379662,879	6526536,218	457,45
6	4379658,563	6526534,944	457,43

Al final del capítulo se observa en el Plano 4.1 la planta de la obra con las cotas de los puntos georreferenciados de proyecto y en el plano 4.2 las juntas diseñadas con las cotas de la calzada para el replanteo.

4.2. DISEÑO DE BOCACALLES EN BARRIO DE VIVIENDAS

La zona de obra del nudo vial "El Tropezón" tiene un extensión aproximada de 30 ha, ubicada en zona urbana. Debido a estas características, la traza del nudo intercepta parte de un asentamiento, por lo tanto se debe reubicar este asentamiento. Es por ello que se decidió construir un barrio de viviendas para el traslado de las familias damnificadas, este barrio está ubicado detrás del asentamiento que se desea reubicar y entre la Av Revolución Libertadores y Paula Domínguez de Bazán.

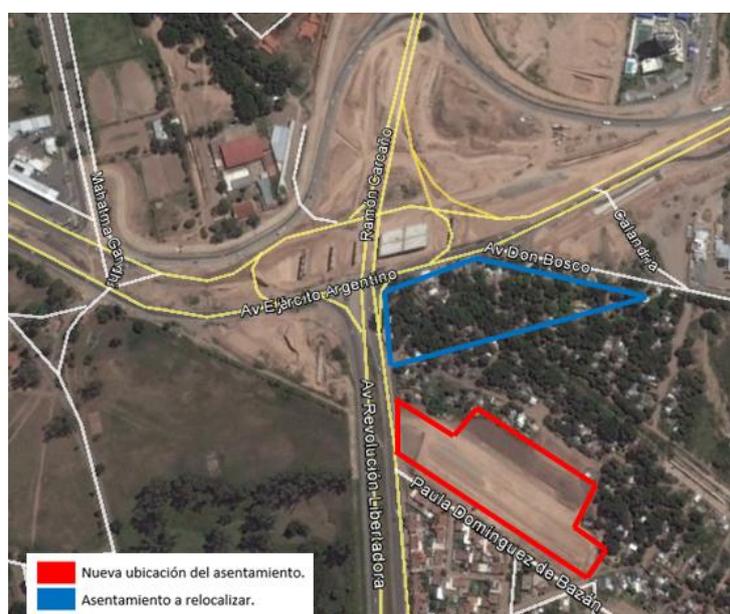


Figura 4.1: Ubicación del asentamiento a relocalizar y del nuevo asentamiento.

El nuevo barrio está formado por 65 viviendas distribuidas en 4 manzanas. Las calles del barrio son de asfalto de ancho variables, cuyos perfiles tipos se obtienen de la ordenanza Municipal de la ciudad Córdoba. Dichos perfiles se adjuntan a continuación:

PERFILES TIPOS

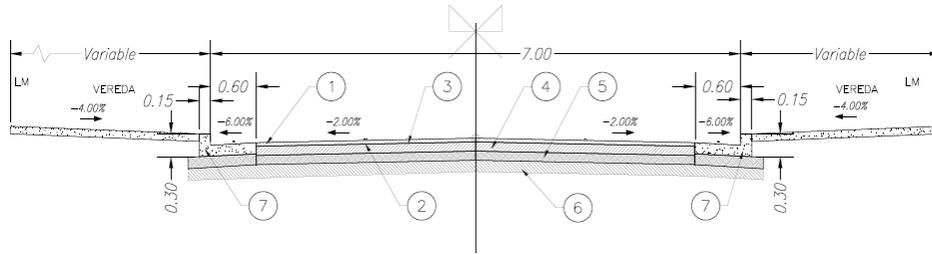


Figura 4.2: Perfil tipo pavimento flexible de 7m de ancho.

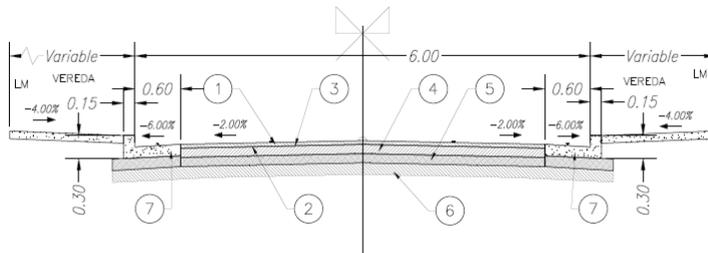


Figura 4.3: Perfil tipo pavimento flexible de 6m de ancho.

Referencias:

1- Carpeta asfáltica de 0,05mts. de espesor compactado. Cemento asfáltico de penetración 50-60. Compactación al 98% de la densidad Marshall con densificación de 50 golpes por cara de la probeta.

2- Riego de liga con asfalto diluido ER-1 a razón de 0,2 a 0,5 lts/m².

3- Imprimitación con asfalto diluido EM-1 a razón de 1,0 a 1,5 lts/m².

4- Base granular de 0,12mts. de espesor compactado con Densificación igual o superior al 98% de la densidad Máxima del Ensayo AASHO T-180; con C.B.R. no inferior al 80% a dicho valor de densificación.

5- Sub-base de suelo-arena (80% de arena silicia - 20% de suelo seleccionado) de 0,15mts. de espesor compactado con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHO T-180; con C.B.R. no inferior al 40% a dicho valor de densificación,

6- Sub-rasante compactada en 0,15mts. de espesor densificada al 95% del Ensayo AASHO T-180; constituida por suelos con densidad no inferior a 1,5kg/m³ en el ensayo AASHO T-99.

7- Cordón cuneta de hormigón de 0,15m de espesor

En todas las intersecciones de las calles se deben realizar las denominadas bocacalles, estas tiene la función de direccionar el drenaje, como también de realizar la transición entre las calles que vinculan.

Las bocacalles se construyen de hormigón, para lo cual debe diseñarse su forma, las juntas y las cotas de todos los extremos de losas que se generan a través de las juntas.

Para la elección de la bocacalle se plantearon dos alternativas, ellas fueron:

- A) Bocacalle de forma octogonal con cuatro lados rectos en coincidencia con las calles a vincular, y cuatro lados curvos en coincidencia con los cordones de las veredas.

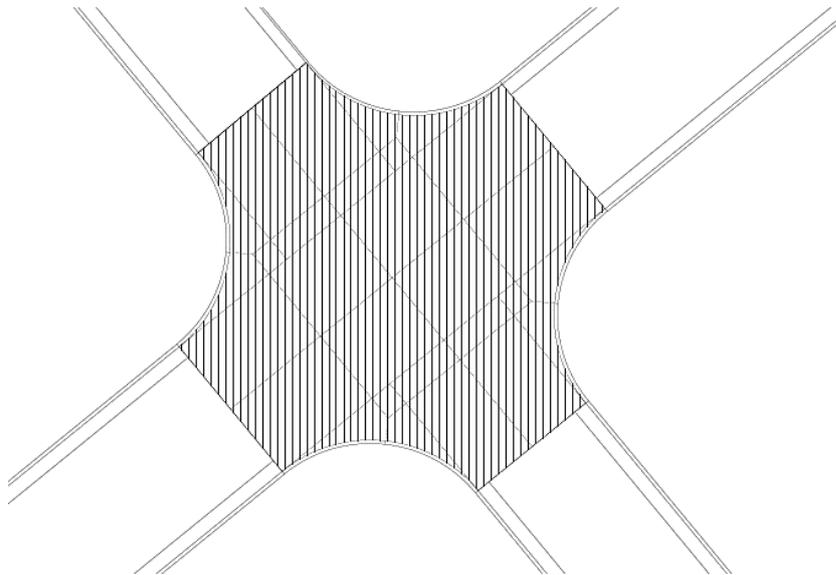


Figura 4.4: Esquema de bocacalle de la alternativa A.

- B) Ejecutar solo una cuneta sobre la calle principal en forma de "V", utilizando como vértice la línea de agua.

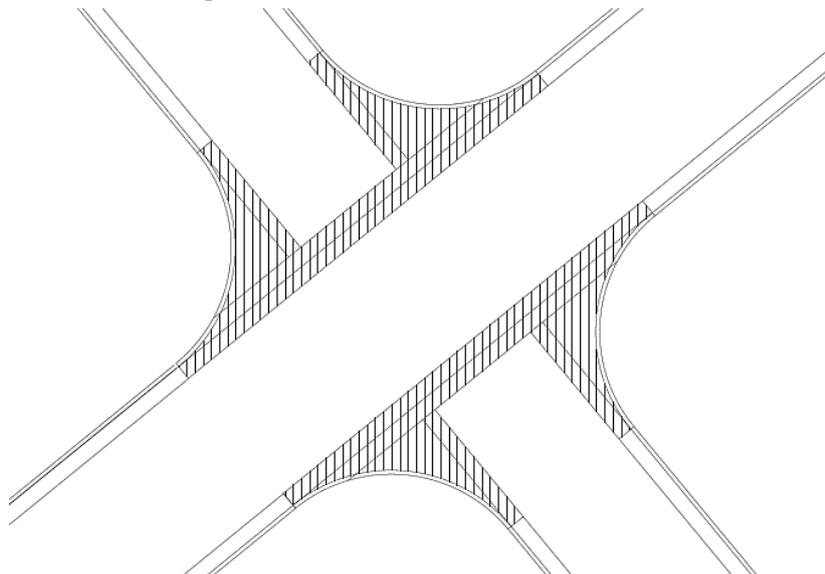


Figura 4.5: Esquema de bocacalle de la alternativa B.

En ambos esquema la superficie rayada indica la superficie de la bocacalle.

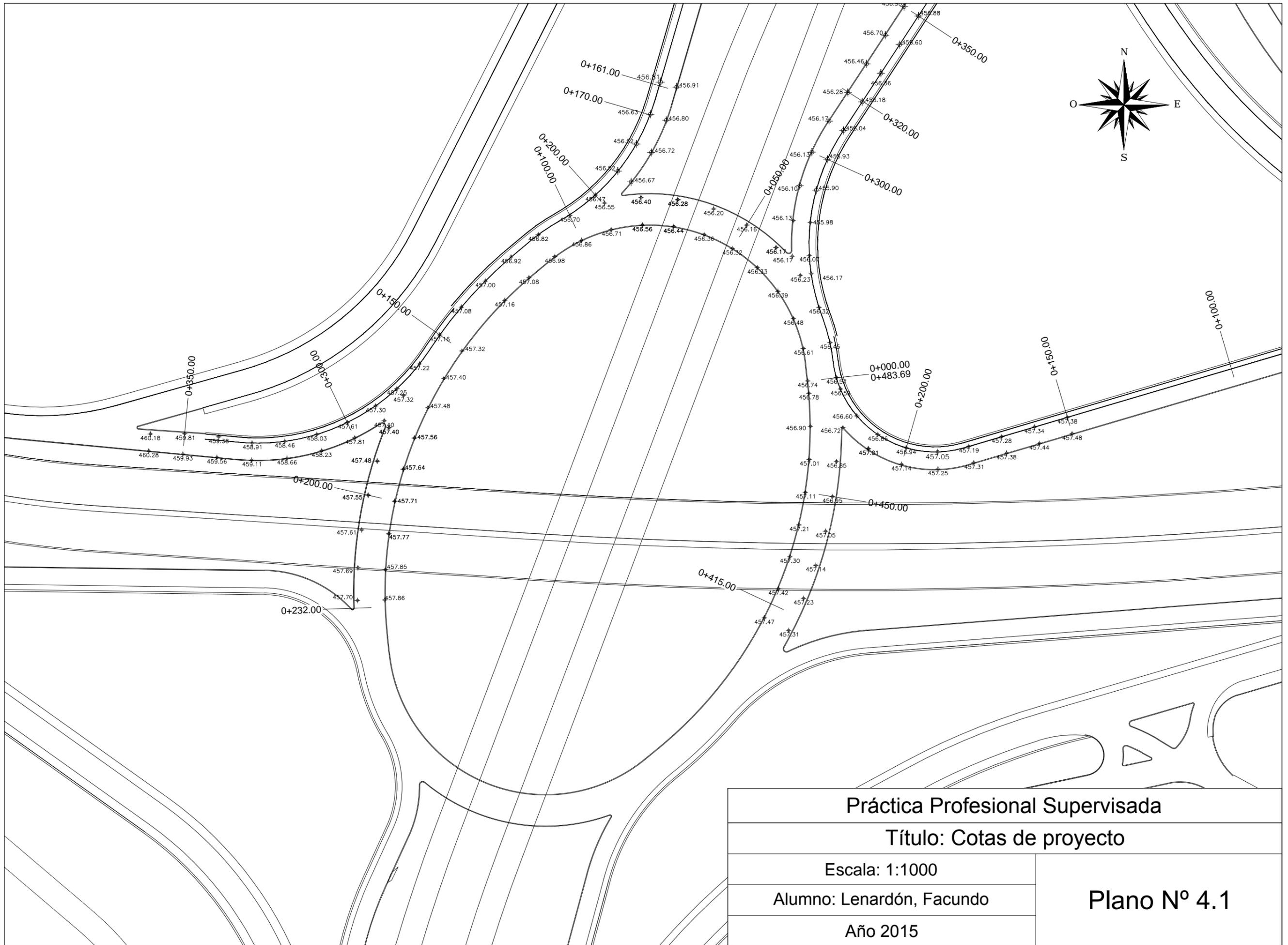
Desde el punto de vista técnico o constructivo, la subrasante, base y subbase de la calzada en ambas alternativas se ejecutan de la misma forma, lo que cambia es la construcción de la carpeta de rodamiento. Debido a que ésta se ejecuta con una máquina terminadora que distribuye y consolida el asfalto a medida que avanza y luego se prosigue con la compactación de la carpeta. Por lo tanto es más conveniente que las calles tengan la menor cantidad de interrupciones, para así lograr una continuidad en la colocación de la carpeta de rodamiento disminuyendo los tiempos y las dificultades operativas. La alternativa B es la que presenta menores discontinuidades en las calles, debido a que permite ejecutar en una sola la calle N°4 y la colectora (Ver plano N° 4.3) que son las principales, y en dos pasadas las calles secundarias N°1, N°2, N°3. Por el contrario, en la alternativa A se debería interrumpir la ejecución de la carpeta de rodamiento en las calles principales. Por lo tanto la alternativa seleccionada es la alternativa B.

Seleccionada la alternativa, se procedió a diseñar las juntas de las bocacalles. Para ello se utilizaron las mismas recomendaciones seguidas para el diseño de juntas de las ramas indirectas y de la rotonda, es decir, se sigue:

- Mantener la relación largo-ancho (L/A) de la losa por debajo de 1,25.
- Evitar losas de ancho menor a 0,5 m y mayor a 4,5m (o la separación máxima recomendada).
- Evitar esquinas interiores y ángulos menores a 60°. Se recomienda que los encuentros se realicen a 90°.
- Evitar formas irregulares. Se recomienda el empleo de losas rectangulares rectas.
- Evitar juntas longitudinales en zonas de huellas y la línea de agua.

Una vez finalizado el diseño de las juntas de las losas, al igual que para el caso de la calzada de hormigón de las ramas indirectas y la rotonda, se prosigue a determinar las cotas de todos los extremos de losas. Para ello, se interpola linealmente los puntos del proyecto de la rasante de las calzadas y así se obtiene las cotas requeridas. Todas estas cotas se controlan comparando el perfil longitudinal generado con las pendientes definidas en el proyecto.

Al final del capítulo se adjunta el plano del barrio y por otro lado el detalle de una de las bocacalles diseñadas. Dicha bocacalle corresponde a la intersección de la calle N°4 con la N°2.



Práctica Profesional Supervisada

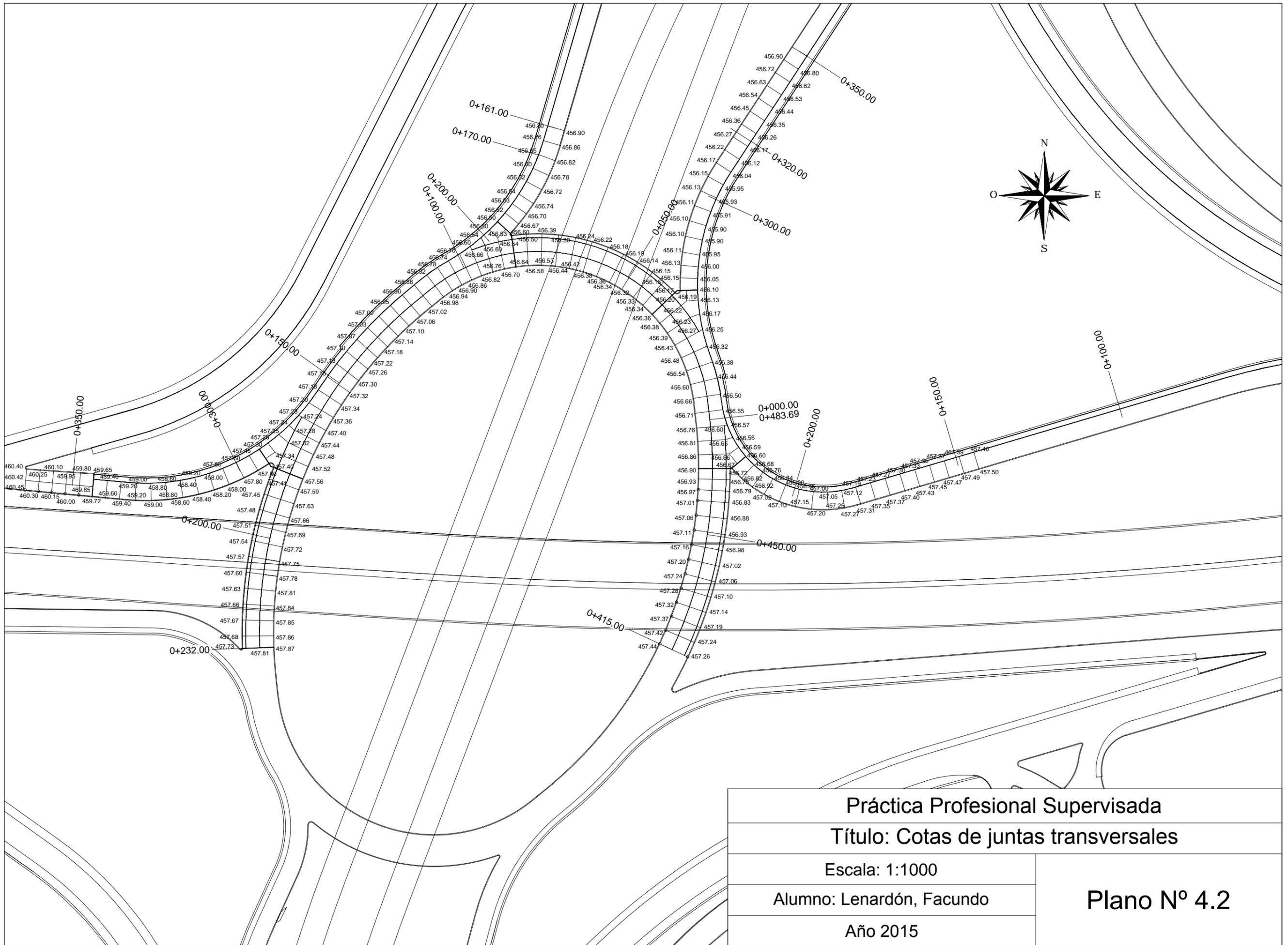
Título: Cotas de proyecto

Escala: 1:1000

Alumno: Lenardón, Facundo

Año 2015

Plano N° 4.1



Práctica Profesional Supervisada

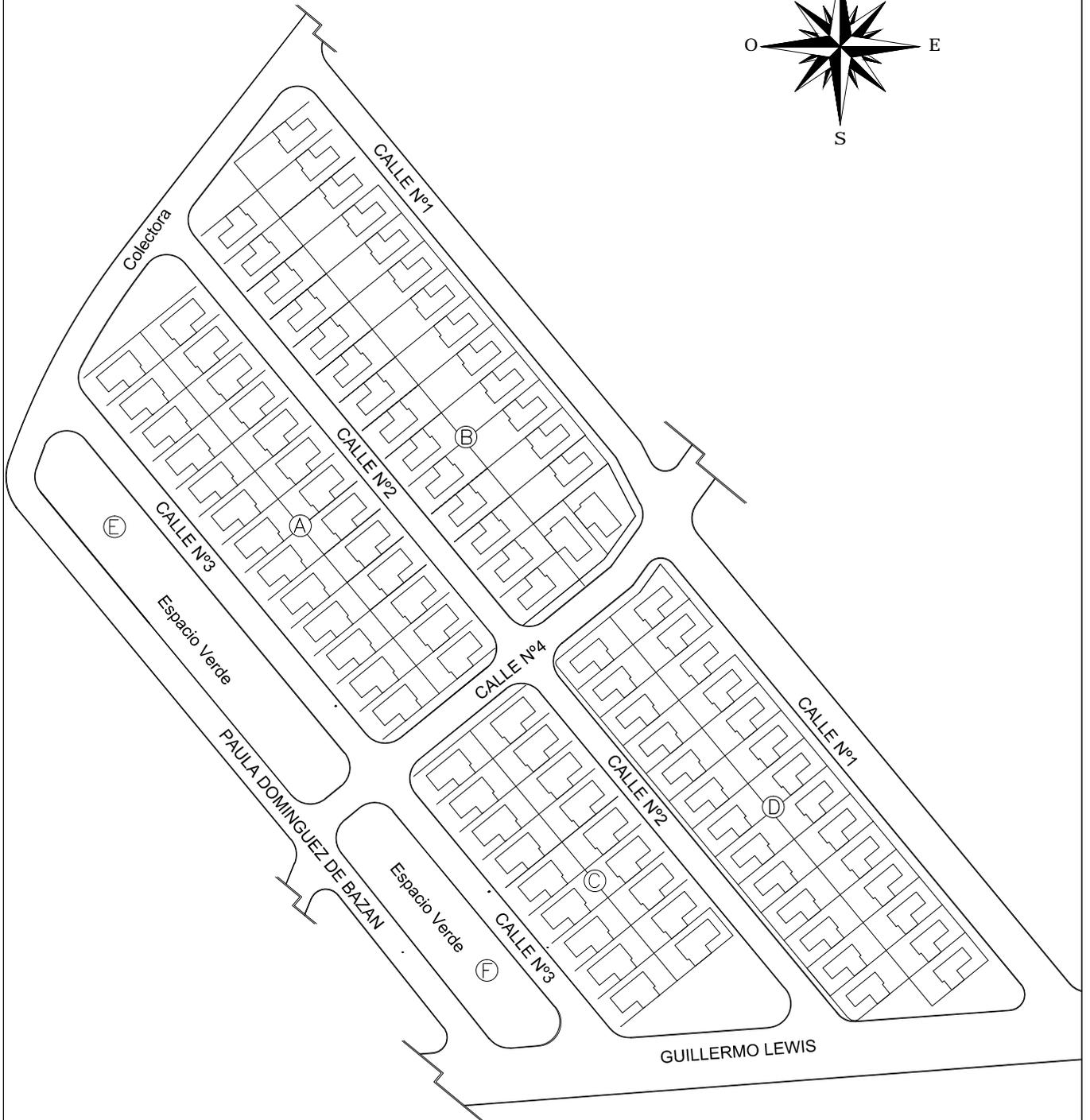
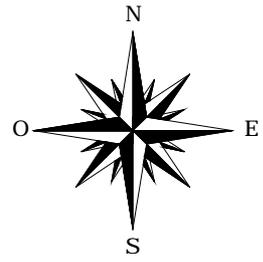
Título: Cotas de juntas transversales

Escala: 1:1000

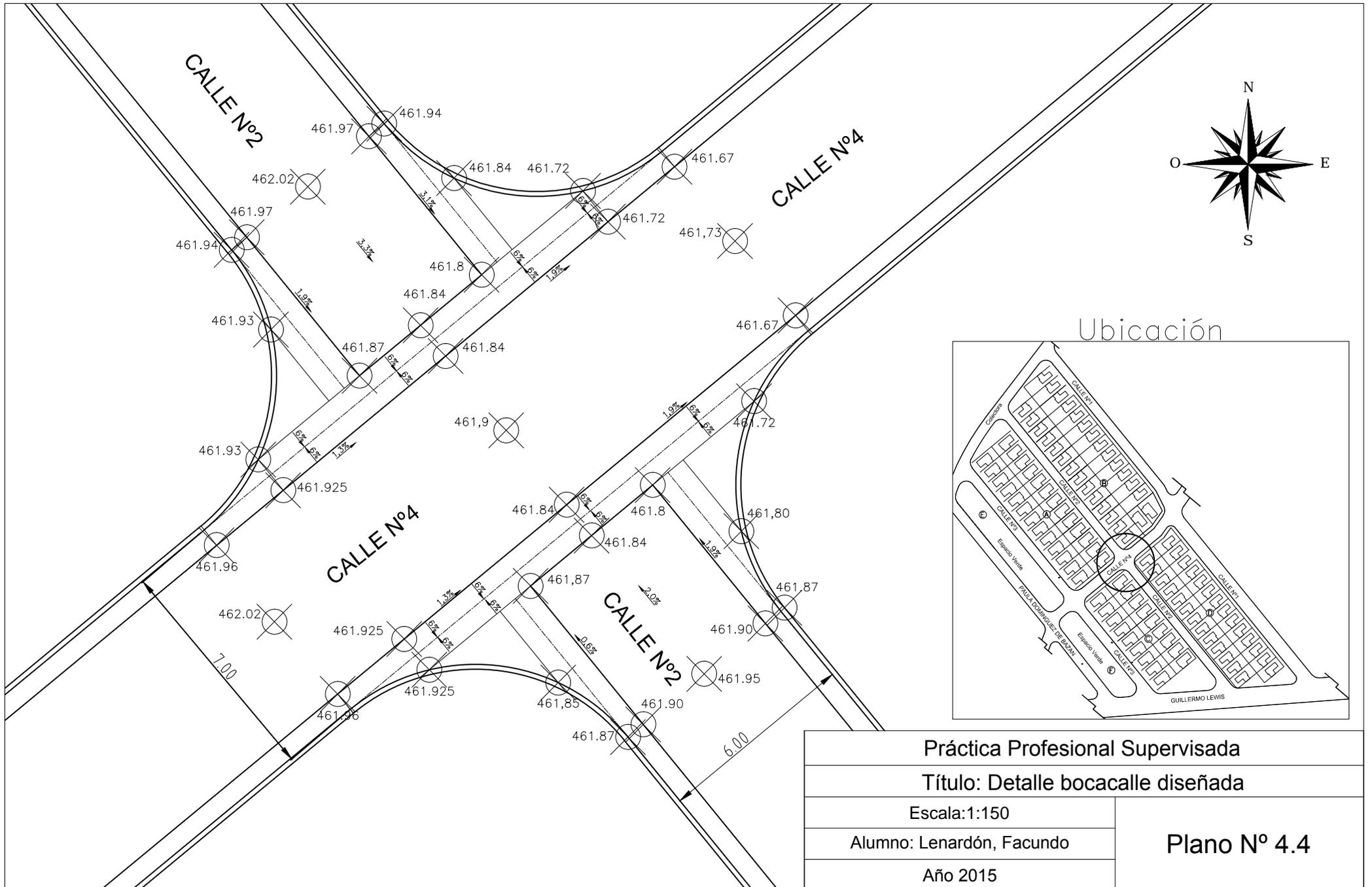
Alumno: Lenardón, Facundo

Año 2015

Plano N° 4.2



Práctica Profesional Supervisada	
Título: Plano general del barrio	
Escala: 1:1500	Plano Nº 4.3
Alumno: Lenardón, Facundo	
Año 2015	



Práctica Profesional Supervisada	
Título: Detalle bocacalle diseñada	
Escala: 1:150	
Alumno: Lenardón, Facundo	
Año 2015	
Plano Nº 4.4	

Capítulo 5 - DESVÍOS

5.1. IMPORTANCIA DE LOS DESVÍOS

El alto tránsito pasante por el nudo vial hace que las obras de desvíos adquieran una cierta importancia en cuanto a su planificación y ejecución, de modo que se puedan liberar áreas donde se requiera la ejecución de la obra y mantener el tránsito ordenado y sin riesgo de accidentes.

Desviar por completo el flujo pasante por la obra sería la mejor de todas las opciones desde el punto de vista constructivo, ya que se liberaría toda la zona de trabajo, permitiendo realizar las tareas necesarias sin interrupciones y sin riesgos de accidentes. Pero como la cantidad de vehículos que circula por estas avenidas es muy alta, no existe la posibilidad de derivar todo el tránsito que afluye a este punto por otras vías alternativas, ya que éstas no poseen la capacidad para soportar este volumen vehicular.

Por ello se optó por realizar desvíos en distintas etapas, de manera tal que en cada una se pueda liberar una cierta zona para trabajar sobre ella y, una vez finalizada la misma, utilizarla como parte de los desvíos, liberando otra zona sobre la que se trabajará, y así sucesivamente.

El desarrollo de un adecuado plan de desvío tiene la finalidad de reducir el riesgo de accidentes mientras la obra se ejecuta. Además, con un adecuado plan, se logra reducir los costos de ejecución de los desvíos así como una disminución significativa en los costos de usuarios, ya que la interrupción en el flujo, lleva a un incremento en el tiempo de demora, lo cual se traduce en altos costos de usuarios.

Por esta razón, los desvíos deben ser diseñados y desarrollados para reducir estos costos y poder tener continuidad en la ejecución de la obra, dicho de otro modo se debe encontrar una relación entre el costo de usuarios y el costo de obra lo más bajo posible, manteniendo siempre la seguridad.

5.2. SISTEMA DE DESVÍO UTILIZADO

El sistema de desvíos se puede dividir en 4 etapas básicas en las cuales la premisa adoptada fue la de derivar de manera segura el tránsito, sin reducir la capacidad para poder así liberar ciertas zonas y continuar con la ejecución de la obra.

A continuación se explicara brevemente cada una de las 4 etapas que conforman el plan de desvíos de la obra.

5.2.1. Primera etapa de desvío

En esta primera etapa, se construyeron como obra definitiva la Rama directa Este-Norte (Gamma), Rama directa Norte-Oeste (Ferrocons), de modo que permitió cortar los accesos directos hacia el Tropezón y poder así desviar el tránsito por dichas ramas. Estas funcionan como 3 carriles de circulación generados a partir de los 7,50 m de ancho de calzada de hormigón y 2,50 m de banquina pavimentada con asfalto. Para ello se debió ejecutar una ampliación del ancho de banquina previsto. Es decir, por proyecto el ancho de la banquina era de 1,5m, pero para poder utilizarlo como un tercer carril se construyó con un ancho de 2,5m. Esta ampliación se debe a que por estas ramas circula los vehículos propios de las ramas, pero además se suma el tránsito de la Avenida Colón que es desviado para poder realizar la construcción del viaducto.

Por otro lado para esta primera etapa fue necesario la construcción de los empalmes que permitieron dar continuidad entre las ramas directas. Estos empalmes fueron provisorios y mantuvieron vinculado lo siguiente:

- A. Rama Este-Norte (Gama) con Rama Norte-Oeste (Ferrocons). Figura 5.1
- B. Rama Norte-Oeste (Ferrocons) con calzada principal de Av. Colón sentido Calera-Córdoba. Este se puede observar en la figura 5.2.
- C. Av. Colón sentido Calera-Córdoba con Rama Este Norte (Gama). Figura 5.3

Los empalmes se ejecutaron de 8.00 mts de ancho (2 carriles).

De esta forma, se pudo liberar la zona norte del proyecto (comprendida por la Avds. Colón y las Ramas Este-Norte y Oeste- Norte), pudiendo así empezar con la ejecución de la rotonda, ramas de accesos, puente de circunvalación Norte y las obras hidráulicas.

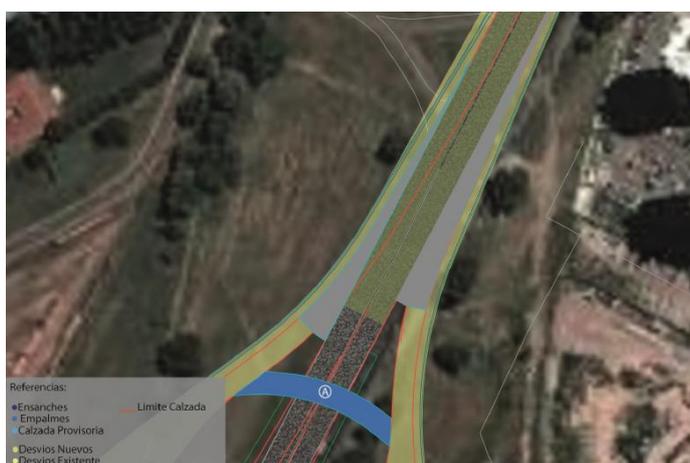


Figura 5.1: Rama Este-Norte (Gama) con Rama Norte-Oeste (Ferrocons).

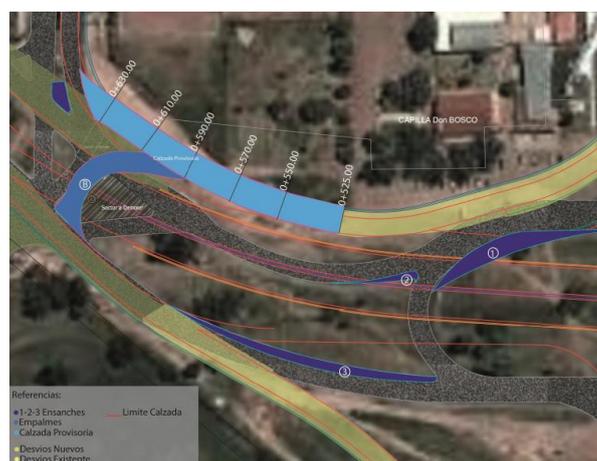


Figura 5.2: Rama Norte-Oeste (Ferrocons) con calzada principal de Av. Colón sentido Calera-Córdoba.

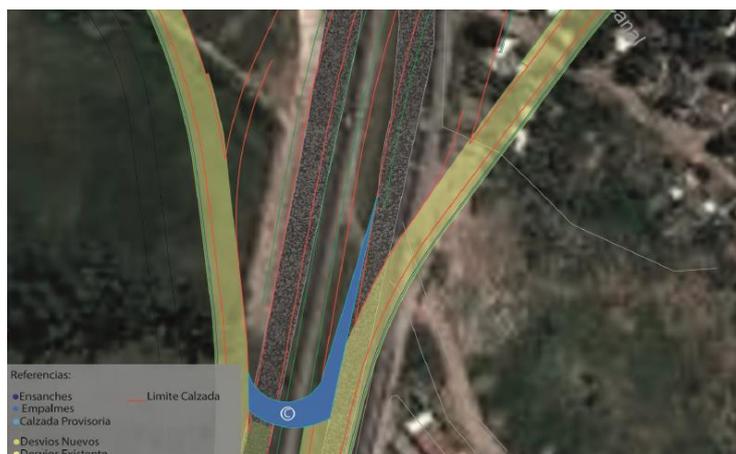


Figura 5.3: Av. Colón sentido Calera-Córdoba con Rama Este Norte (Gama).

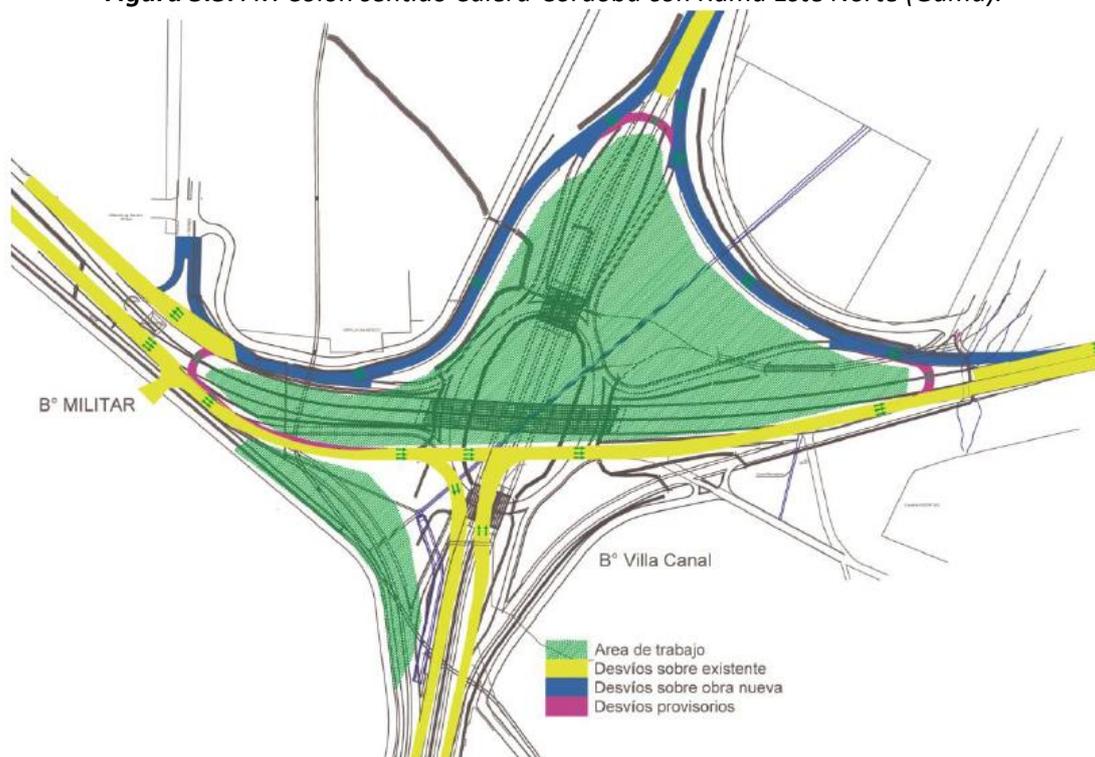


Figura 5.4: Primera etapa de desvíos.

5.2.2. Segunda etapa de desvío

Para la segunda etapa, se completará la ejecución definitiva de la Rama Oeste-Sur (Militares). Se construirá como obra provisoria el empalme de la Rama Oeste-Sur con la calzada principal de la Av. Revolución Libertadora.

Esta etapa como las que se van a describir a continuación no se han ejecutado.

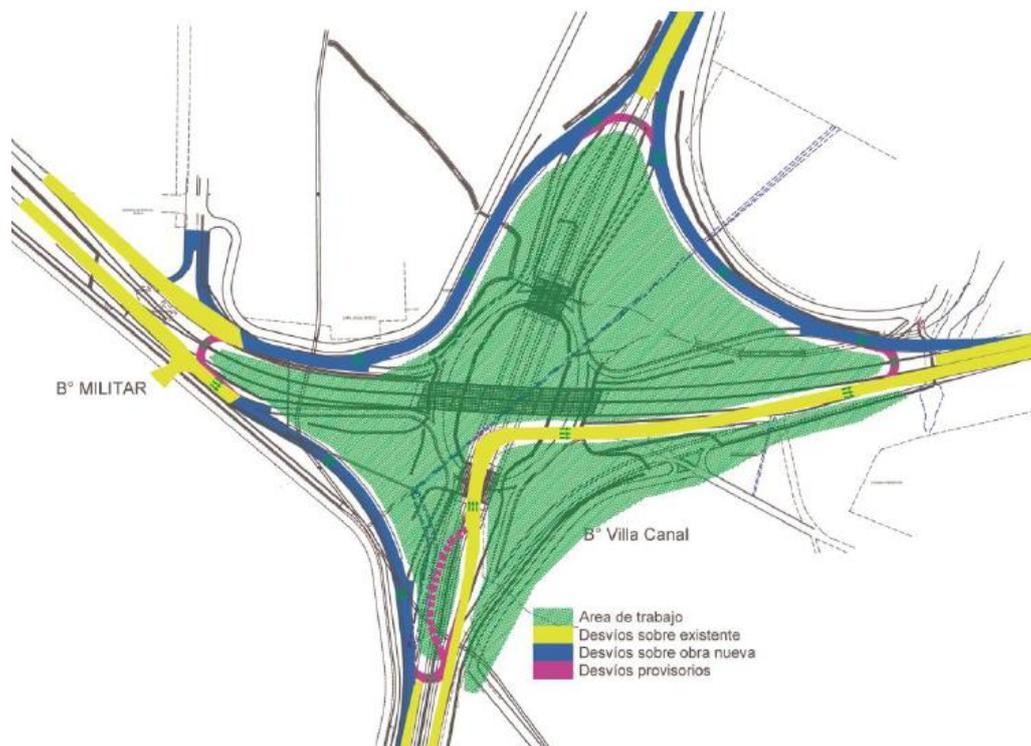


Figura 5.5: Segunda etapa del desvío.

5.2.3. Tercera etapa de desvío

Para la siguiente etapa se construirá como obra definitiva la Rama Este-Sur (Asentamiento), ello podrá lograrse una vez que se haya retirado y trasladado el asentamiento, para lo cual deberá ejecutarse 65 viviendas.

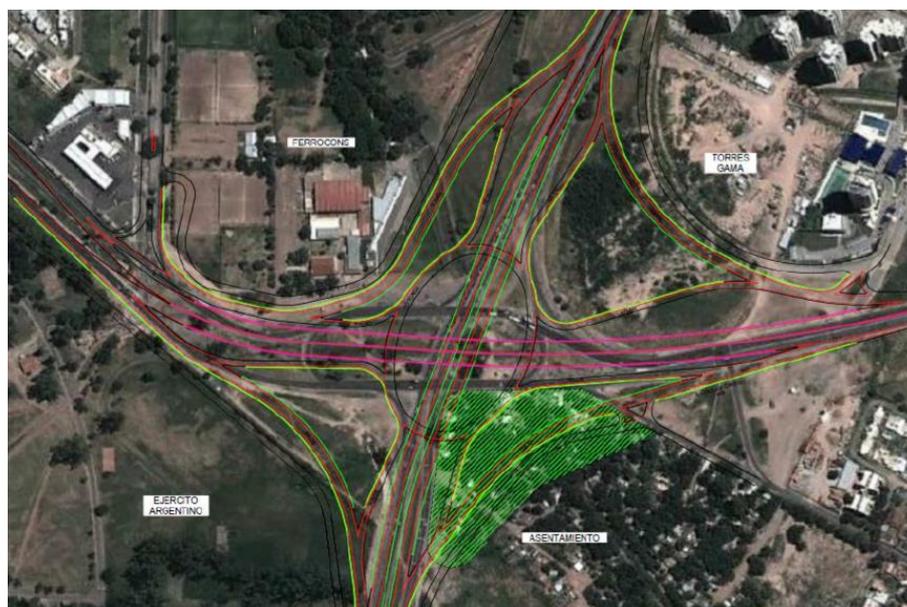


Figura 5.6: Asentamiento a reubicar.

Como obras provisionarias en esta etapa se realizan los siguientes empalmes:

- Rama Este-Sur (Asentamiento) con la Rama Este-Norte (Gamma).
- Rama Oeste-Sur (Ejército Argentino) con la Rama Este- Sur (Asentamiento).

Obteniendo el cuadrante Este-Sur liberado, como se observa en la figura 5.7.

Así quedaran vinculadas las 4 vías que confluyen en el tropezón sin tener que acceder a él, con lo que quedara liberada casi por completo la zona sur de trabajo permitiendo la realización definitiva de la rotonda, sus ramas de acceso y el puente circunvalación Sur.

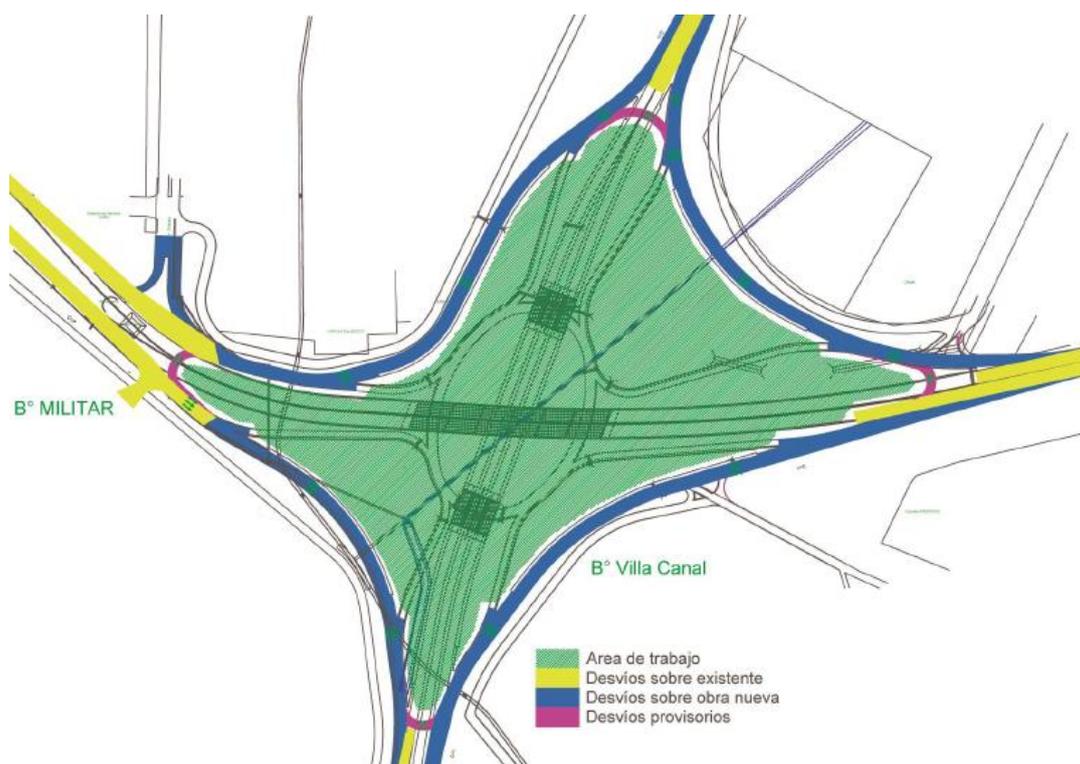


Figura 5.7: Tercera etapa de desvíos.

5.2.4. Cuarta etapa de desvío

Finalmente en la última etapa, teniendo la rotonda con sus ramas de accesos construidas definitivamente se quitaran los empalmes provisionarios mencionados en las etapas anteriores y se habilitara la circulación del tránsito sobre la rotonda y sus respectivas ramas, lo que permitirá obtener liberada por completo el área de trabajo y a partir de ello terminar con la ejecución de los terraplenes del viaducto de la Av. circunvalación, como también ejecutar la obra definitiva de vinculación del terraplén del viaducto Colón con la calzada existente de la misma avenida.

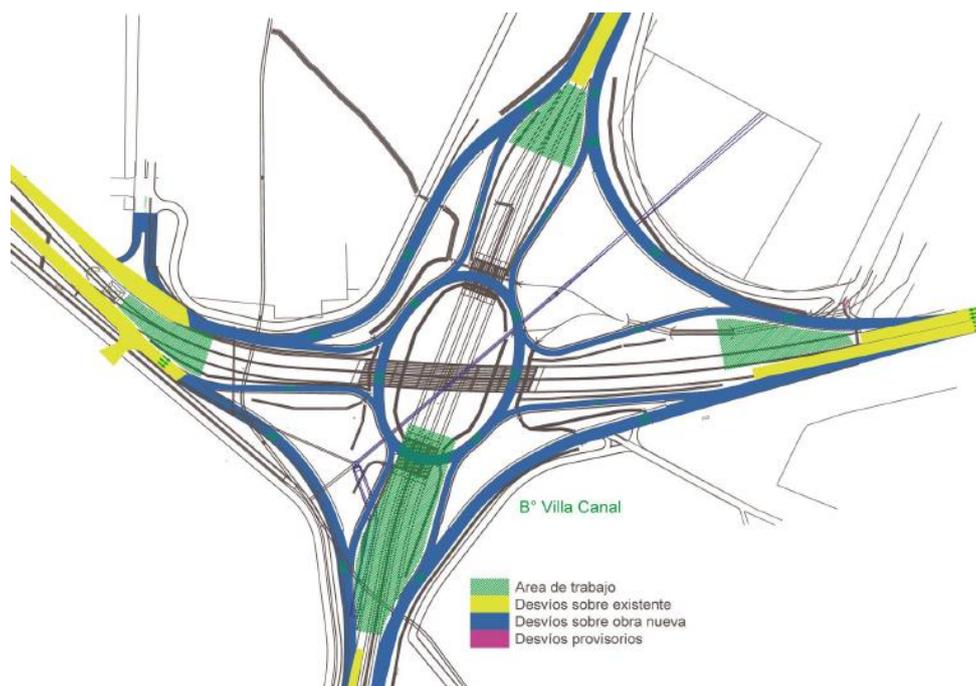


Figura 5.8: Cuarta etapa de desvío.

5.3. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente (mayo 2015) la obra se encuentra dentro de la primera etapa de desvíos. Las obras definitivas ya ejecutadas fueron:

- Rama directa Este-Norte (Gamma).
- Rama directa Norte-Oeste (Ferrocons).

Todos los empalmes previstos para la primera etapa se encuentran ejecutados y en funcionamiento.

Como se mencionó anteriormente en las ramas directas Este-Norte y Norte-Oeste se adiciono 1m de banquina, que sumado al ancho de calzada de hormigón y de banquina original se generen un ancho total de 10m, ancho suficiente para tres carriles.

Por otro lado, las obras definitivas que están por comenzar son:

- Rama indirecta Este-Norte (Gamma).
- Rama indirecta Norte-Oeste (Ferrocons).
- Sector Norte de la rotonda.

Además de estas obras definitivas que están por ejecutarse, se determinó realizar una modificación de la primera etapa de desvíos. Esta modificación incluye la habilitación del viaducto Colon, de la parte norte de la rotonda y las ramas indirectas Gama y Ferrocons. Además se proyectó la construcción de dos desvíos provisionarios que permite vincular la Avenida Ramón Carcano con la Avenida Revolución Libertadores. En la figura 5.9 se observan ambos desvíos.

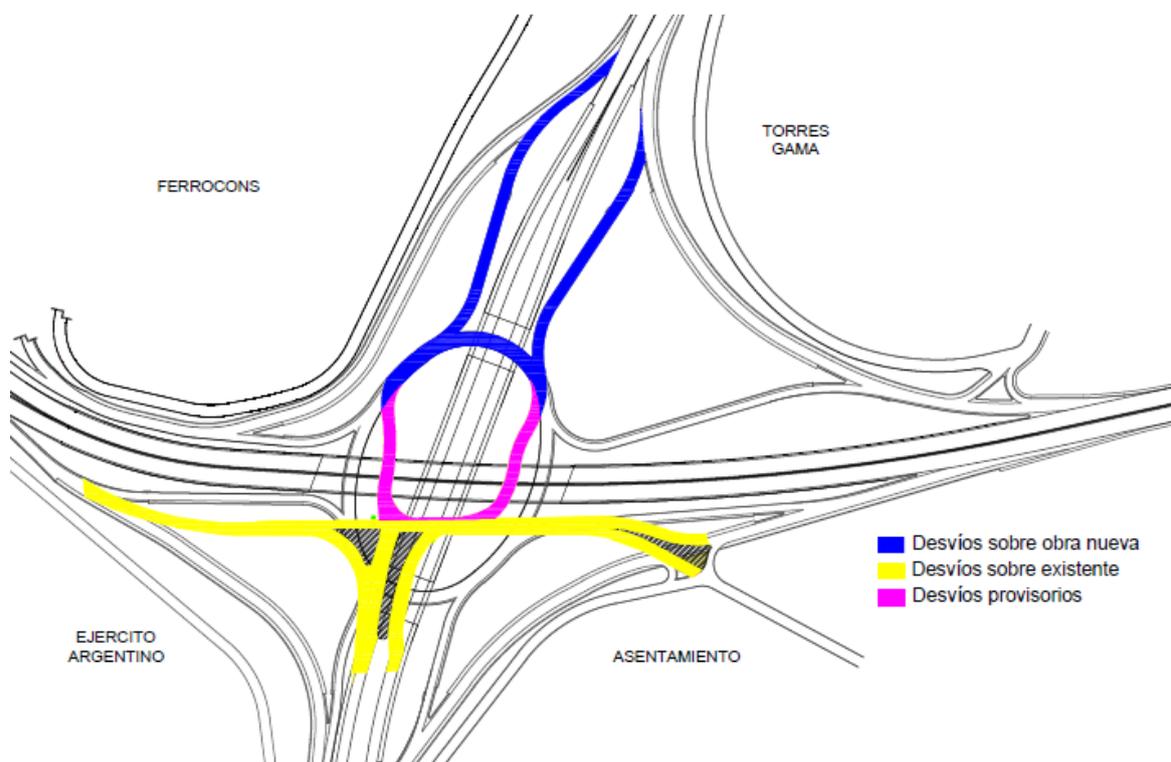


Figura 5.9: Desvíos para vincular Av. Revolución Libertadores y Av. Ramón Carcano.

Como se puede observar en la imagen anterior, este sistema desvíos provisionarios utiliza:

- Parte de las ramas indirectas Gama y Ferrocons y parte de la rotonda, estas tres vías deben construirse.
- Una nueva calzada para vincular las obras nuevas con las existentes. La calzada tiene un ancho de 8,0m y son de pavimento flexible.
- Parte de la antigua rotonda. Esto permite la conexión del desvío con la Avenida Revolución Libertadores.

La parte de la rama indirecta Gama y Ferrocons que son utilizadas en este sistema de desvío tienen un ancho útil de 5m de calzada de hormigón y una banquina de 1,5m, quedando un ancho total de 6,5m, ancho suficiente para el tránsito de proyecto que va a utilizar la rama cuando la obra esté terminada pero, insuficiente para este tránsito y el tránsito estimado que va a utilizar estos sectores como desvíos. Con la rotonda sucede lo mismo. Por este motivo se optó por agregar 1m más de banquina, obteniendo un ancho total de calzada de 7,5m en las ramas, suficiente para generar dos carriles, y 10,5 en la rotonda, suficiente para generar tres carriles. Así se logra satisfacer la demanda de tránsito propia de cada vías y la demanda producida por el desvío.

5.3.1. Estudio técnico sobre banquina Rama directa Gama

Como se mencionó anteriormente, a las banquetas originales de las ramas directas que se utilizan como desvío se le adiciono 1m de ancho para que funcionen como un tercer carril. En principio la estructura original de la banquina no está diseñada para soportar este tránsito, por lo que, cuando se estaba por ejecutar estas banquetas surgieron dos alternativas:

- A. Mantener la estructura de proyecto y realizar el bacheo cuando sea necesario.
- B. Utilizar una estructura que garantice un buen desempeño de la banquina y se evite su deterioro.

En aquel momento se optó por la alternativa "A" debido a que se supuso que el tránsito que iba a utilizar la banquina como carril no es definitivo, sino transitorio y solo se va a utilizar mientras se desvíe el tránsito de la Avenida Colón.

Construida la banquina con la estructura original y puesta en funcionamiento, se presentó otro inconveniente: el mantenimiento que se tuvo que ejecutar fue más del esperado, generando costos mayores a los previstos y además interrupciones del tránsito para efectuar el arreglo.

Esta situación genero la necesidad de hacer un estudio técnico de la estructura de la banquina que se va a utilizar en las ramas indirecta Gama y Ferrocons para evitar que suceda lo que se presentó en la banquina de las ramas directas. Dicho estudio fue realizado en el marco de mi práctica profesional y se presenta a continuación.

El estudio se realiza sobre la rama directa de Gama, esto se debe a que, en primer lugar esta rama está habilitada al tránsito y se puede realizar un relevamiento del mismo, además para esta rama se cuenta con la información del mantenimiento realizado.

El estudio se centra en la determinación de las posibles causas de rotura de la banquina y el planteo de soluciones. Para ello lo primero que se realizo fue verificar si la estructura de la banquina existe es acorde al tránsito correspondiente a la vida útil que tiene la banquina utilizada como desvío, esto es, desde el día que se inauguró la Rama Directa de Gama hasta el día que se realice el corte de la misma y se deje del ancho de proyecto (1,5m) y no se utilice más como desvío.

Para realizar la verificación se utilizó el método AASHTO, este es un método empírico desarrollado por la American Association of State Highway and Transportation Officials, el cual propone la siguiente ecuación empírica:

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

Dónde:

- W_{18} : es el tránsito (número de ejes) equivalentes a ejes simples de 18.000 libras (8,2 tn).
- Z_R : corresponde al valor estandarizado de la curva normal que representa la Confiabilidad del Diseño.
- S_0 : es el desvío estándar combinado de la predicción del tránsito y del comportamiento.
- SN : (*Structural Number* – Número Estructural) es el valor objetivo del método, a partir del cual se obtienen los espesores de cada capa. Es un número abstracto, empírico, adimensional, que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido, para una combinación dada de soporte del suelo (MR), del tránsito (W18), de la Serviciabilidad terminal y de las condiciones ambientales.
- ΔPSI : es la caída del Índice de Serviciabilidad Presente (*Present Serviciability Index – PSI*) a lo largo de la vida de servicio de la estructura (Inicial – Final).
- M_R : es el Módulo Resiliente Efectivo de la Subrasante.

En esta expresión se reemplazaron los valores referentes a la estructura de proyecto de la banquina para determinar el número de ejes admisibles. Este valor se lo comparó con el número de ejes correspondientes al tránsito actual y se determinó si el tránsito es el causante o no de la rotura de la banquina.

A continuación se explica cómo se obtiene cada variable para reemplazar luego en la fórmula y así determinar el número de ejes admisibles de la estructura.

a) Índices de serviciabilidad inicial y final.

La Serviciabilidad se define como la idoneidad que tiene el pavimento para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar. La forma de evaluarla es a través del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), el cual varía de 0 (carretera imposible) hasta 5 (carretera perfecta).

El índice de servicio inicial depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de 4,2, por lo tanto se adopta este valor. El índice de servicio final representa al índice más bajo capaz de ser tolerado por el pavimento, antes de que sea imprescindible su rehabilitación mediante un refuerzo o una reconstrucción. El valor asumido depende de la importancia de la carretera se sugiere para carreteras de mayor tránsito un valor de 2,5 y para carreteras de menor tránsito 2,0. Se adopta 2,5 porque las vías a en estudio tienen una importancia relativa.

Además debe tenerse en cuenta que la caída del PSI no sólo se ve afectada por el tránsito sino que también influyen las variaciones volumétricas de la subrasante. Por ello, debe

considerarse una caída de la Serviciabilidad por subrasante expansiva y efectos de congelamiento y deshielo. Pero como estos fenómenos no se producen en la zona donde se va a emplazar la banquina, no se tiene en cuenta esta reducción.

De esta forma la caída del PSI se obtiene como:

$$\Delta PSI = PSI_{inicial} - PSI_{final} - \Delta PSI_{cong\ y\ des} = 4,2 - 2,5 - 0 = 1,7$$

b) Confiabilidad del diseño (Z_R)

Se entiende por confiabilidad de un proceso de diseño de un pavimento a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso, se comporte satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el período de diseño.

El factor de confiabilidad tiene en cuenta variaciones al azar tanto en la predicción del tránsito como en la predicción del comportamiento y por lo tanto proporciona un nivel predeterminado de confianza (R) en que los tramos de pavimento sobrevivirán al período para el cual fueron diseñados.

Se dan diferentes niveles de confiabilidad según el tipo de vía que se esté diseñando. Para el caso de análisis, la clasificación funcional se asemeja a una colectora, adoptando una confianza de 90% el Z_R es de -1,282.

Clasificación funcional	Conf. recomendada		Confiabilidad	Z_R
	Urbano	Rural		
			99	-2.327
			95	-1.645
Autopistas	85 - 99.9	85 - 99.9	90	-1.282
Principales arteriales	80 - 99	75 - 95	85	-1.037
Colectoras	80 - 95	75 - 95	80	-0.841
Locales	50 - 80	50 - 80	75	-0.674
			50	0

Tabla 5.1: Confiabilidad del diseño.

Notar que cuando se pretende una mayor confiabilidad en el diseño, se toma un Z_R cada vez más negativo y por lo tanto para mantener la igualdad de la ecuación deberá incrementarse el SN (aumentar los espesores).

c) Desvío estándar S_0

Debe considerarse el error en la estimación del tránsito, lo cual se hace a través del coeficiente S_0 . Cuando se tienen datos para la estimación del tránsito, se trabaja con los primeros dos casos; en cambio, cuando no se tienen datos y sólo se supone el valor de tránsito, se usan los últimos dos.

Condición de diseño	Desvío standard
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0,34 (pav. rígidos)
	0,44 (pav. flexibles)
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0,39 (pav. rígidos)
	0,49 (pav. flexibles)

Tabla 5.2: Desvío Estándar.

Para el diseño de esta banquina no se cuenta con datos para estimar el tránsito, sino que se realiza un relevamiento y se obtienen valores aproximados, por lo que se consideró la peor condición, es decir se adoptó un desvío estándar de 0,49.

d) Módulo Resiliente Efectivo de la Subrasante (M_R)

El módulo resiliente es el modulo elástico del pavimento. La mayoría de los materiales usados para pavimentos no son elásticos, pero experimentan deformación permanente luego de cada aplicación de carga. Sin embargo, si la carga es pequeña en relación con la resistencia del material y si se repite un gran número de veces, la deformación para cada repetición es prácticamente recuperable (y proporcional a la carga) y puede ser considerada elástica.

También puede ser explicado de la siguiente manera, cuando un vehículo circula por la superficie de rodamiento de un pavimento, los neumáticos transmiten cargas que son absorbidas por la estructura, entonces un elemento diferencial de suelo ubicado en la subrasante, estará sometido a esfuerzos que a su vez inducen un estado de deformaciones. Si se consideraría al material con un comportamiento elástico, isótropo y homogéneo, al cesar la carga, toda la deformación a la que se vio sometida la estructura se recuperaría. Pero esto no es así, ya que existe una pequeña deformación permanente, la cual al someter la muestra a un número de ciclos de carga y descarga se va acumulando, mientras que la deformación recuperable se mantiene constante. Esto implica que los materiales no presentan un comportamiento elástico y por ello, se define el concepto de módulo resiliente que corresponde a un "módulo elástico supuesto" que relaciona las solicitaciones de carga con las deformaciones recuperables.

La determinación del módulo resiliente en los suelos se puede realizar de dos maneras:

- Mediante ensayos triaxiales dinámicos de cargas repetidas en probetas cilíndricas que simulan un elemento de suelo. A partir de este ensayo, se puede definir matemáticamente el módulo resiliente del material mediante diferentes expresiones.

- Otra de las formas de determinar el módulo resiliente de un material es mediante el ensayo CBR, mediante fórmulas que correlacionan este valor con el módulo.

$$M_r \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) = 100 * CBR$$

Esta expresión es válida para suelos finos con un CBR menor a 10%, por lo que puede utilizarse en este análisis.

Pero el método requiere determinar el *Módulo Resiliente Efectivo*, éste a diferencia del módulo resiliente, considera las variaciones estacionales (climáticas) que sufre la subrasante y por ende la variación de su comportamiento. De acuerdo con cada valor MR estacional se determina un coeficiente de daño relativo u_f que permite extrapolar y ponderar las características de los suelos a las condiciones climáticas particulares de cada proyecto. Sin embargo, en la zona de estudio no se presentan variaciones considerables del módulo de la subrasante, por otro lado, los estudios que se realizaron sobre el suelo corresponden al inicio de la obra y solo se cuenta con datos de una estación. El valor de CBR es de 19,4 %, por lo que:

$$M_r \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) = 100 * 19,4 = 1940 \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$$

$$M_r(psi) = 14,2 * 1940 \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) = 27548 psi$$

A continuación, se procede a calcular el Número estructural según la estructura de proyecto. Esta estructura está constituida por

- 0,05 m de carpeta de rodamiento asfáltica.
- 0,2 m de base granular 20-30.
- 0,2 m de subbase suelo triturado 0-6

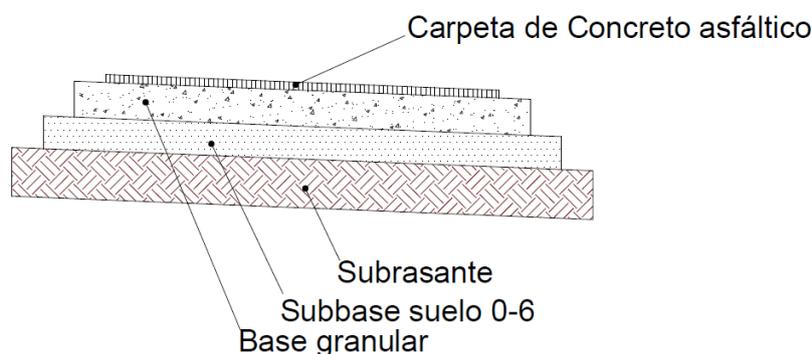


Figura 5.10: Estructura de la banquina.

Para determinar el número estructural que tiene la estructura, el método propone la siguiente expresión

$$SN = a_1 D_1 + a'_1 D'_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

Dónde:

- a_1 es el coeficiente de aporte estructural de la Carpeta de Rodamiento de espesor D_1 . a_1 es función del módulo de rigidez de la mezcla asfáltica a 20 °C.
- a'_1 es el coeficiente de aporte estructural de la Base Asfáltica de espesor D'_1 . a'_1 es función del Módulo de Rigidez de la Mezcla Asfáltica a 20 °C. En este caso es cero porque la estructura no tiene base asfáltica.
- a_2, a_3 son los coeficientes de aporte estructural de la base granular y de la subbase suelo y triturado 0-6 de espesores D_2, D_3 respectivamente. Son función de la resistencia de las capas, en este caso de su Valor Soporte Relativo para la base granular y la subbase.
- m_2, m_3 son factores de corrección por drenaje de las capas. Se introduce en el número estructural de las capas granulares un coeficiente m_i que minora o mayor la resistencia de la capa en función de sus condiciones de drenaje.

El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente a_i que son requeridos para el diseño estructural. Estos coeficientes se utilizan para convertir los espesores reales (D_i) en números estructurales (SN_i), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura del pavimento. El método presenta coeficientes para cada tipo y función de capa considerada.

Los valores anteriores se obtienen de la siguiente manera:

1) a_1 (Coeficiente estructural para la carpeta de rodamiento)

Para conocer este coeficiente correspondiente al concreto asfáltico se necesita el módulo del concreto asfáltico (S_{mix}) a 20°C para luego ingresar en el ábaco correspondiente y obtener el coeficiente buscado. Debemos en primer lugar el conocer el S_{bit} , para lo cual se utilizó el ábaco de Van der Poel, en el que se ingresa con los siguientes datos:

- Índice de penetración: 0,4
- Variación de temperatura:

$$\Delta T = Temp \text{ de ablandamiento} - Temp \text{ de Servicio}$$

$$\Delta T = 55,1^\circ C - 20^\circ C = 35,1^\circ C$$

- Tiempo de aplicación de la carga: 0,02s

El grafico se encuentra en el anexo N°1 y el valor encontrado fue, S_{bit} : $3 \times 10^7 \text{ N/m}^2$.

Una vez obtenido este valor, se entra a un nomograma que permite obtener el Stiffness de la mezcla (S_{mix}). Para usar este nomograma son necesarios los siguientes valores:

- S_{bit} : $3 \times 10^7 \text{ N/m}^2$.

- VAM (Vacíos del agregado mineral): representa el volumen de la mezcla compactada que no es ocupado por el agregado, dicho de otra forma, son los vacíos que luego debe ocupar el asfalto y el aire.

$$VAM = 16\%$$

- V (Vacíos): representa el volumen que no es ocupado por el asfalto ni por el agregado.

$$V = 3,1\%$$

- Porcentaje volumétrico del asfalto en la mezcla: es la diferencia entre los dos valores anteriores.

$$V_{bit} = VAM - V = 16\% - 3,1\% = 12,9\%$$

- Volumen de agregado: se obtiene de la siguiente expresión:

$$V_{agr} = 100\% - VAM(\%) = 100\% - 16\% = 84\%$$

Con estos valores se ingresó al ábaco A1.2 del anexo N°1 y se obtuvo un valor de S_{mix} : $4,1 \times 10^9 \text{ N/m}^2$.

Entonces:

$$S_{bit} = 3 \times 10^7 \frac{N}{m^2} = 3,35 \times 10^3 \text{ psi} \quad S_{mix} = 4,1 \times 10^9 \frac{N}{m^2} = 5,94 \times 10^5 \text{ psi}$$

Con estos parámetros se ingresó al ábaco A1.3 y se determinó el coeficiente estructural para la carpeta asfáltica.

$$a_1 = 0,46$$

Todos los datos de la mezcla asfáltica fueron provisto por la empresa Boetto y Buttigliengo que fue la empresa encargada de la colocación de las capas asfálticas.

2) a_2 (Coeficiente estructural para la base granular)

Se obtiene en función de CBR de la base. El mismo fue aportado por el laboratorio y resultado: 89,2. En base a esto ingresamos a un nomograma del cual obtenemos el coeficiente a_2 :

$$a_2 = 0,139$$

En el anexo N°1 se encuentra el ábaco utilizado.

3) a_3 (Coeficiente estructural para la subbase)

Este coeficiente, al igual que para el coeficiente a_2 se obtiene en función del CBR, el cual tiene un valor de 59,6%. Ingresando al ábaco A1.6, se obtuvo:

$$a_3 = 0,13$$

4) m_2, m_3 .

Estos coeficientes de drenaje están relacionado con la permeabilidad del material y el porcentaje de tiempo en el que está expuesto a niveles de humedad próximos al de saturación. Dado que en la práctica es difícil determinar la calidad del drenaje o el porcentaje de tiempo en el que el material está expuesto a condiciones próximas a las de saturación, la mayoría de los organismos usan coeficientes de drenaje unitarios, y este fue el valor adoptado.

A continuación se presenta una tabla con los coeficientes para cada capa:

Capa	Espesor		a	m	Mr psi
	cm	Pulgadas			
Carpeta de rodamiento	5	1,97	0,46	-	-
Base Granular	20	7,87	0,139	1	-
Subbase	20	7,87	0,13	1	-
Subrasante					27548

Tabla 5.3: Resumen con las características de cada capa.

Recordando la fórmula para obtener el número estructural:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

$$SN = 0,46 * 1,97 + 0,139 * 7,87 * 1 + 0,13 * 7,87 * 1 = 3,02$$

Estos valores se reemplazaron en la ecuación que propone el método para obtener el número de ejes equivalentes:

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

$$\text{Log}(W_{18}) = \text{Log}(ESAL) = 6,89$$

De modo que la cantidad de ejes equivalentes que soporta la estructura es:

$$W_{18} = 7.835.976 \text{ Ejes equivalentes}$$

Determinada la cantidad de ejes que admite la estructura se procedió a determinar el número de ejes equivalentes según el tránsito actual que utiliza la vía y en la vida útil de la banquina. Dicho cálculo se presenta a continuación:

Para cuantificar el tránsito se necesitó el *Tránsito Medio Diario Anual (TMDA)*, el cual representa el número de vehículos que pasan por una sección durante un año dividido por 365, o sea es el volumen de tránsito que corresponde al día medio del año, por lo tanto la unidad es veh/día. Además del TMDA se necesita la composición del tránsito, es decir que porcentaje de ese TMDA corresponde a cada tipo de vehículos. Como estos datos no estaban disponibles, se realizó un relevamiento del tránsito. Este relevamiento consistió en contar la cantidad de los diferentes tipos de vehículos que intervienen en el

diseño en intervalos de 15 minutos, que es el intervalo de tiempo más pequeño en que existe flujo estable. Luego, se halló el equivalente de vehículos que pasarían en un intervalo de tiempo mayor si se mantuvieran las condiciones del intervalo menor.

Con el objetivo de que el relevamiento sea lo más representativo de la realidad, se dividió el cálculo en días hábiles y días no hábiles, y se consideró que para una semana 5 días hábiles y dos no hábiles. Se relevó en varios horarios, incluyendo la mañana y la tarde con el objetivo de abarcar momentos de máximo tránsito y momentos de tránsito medio. Las tablas con los relevamientos se encuentran en el anexo N°1. Una vez terminado el relevamiento se realizó la siguiente tabla:

Días hábiles						
Tipo de Vehículo	Cantidad de vehículos relevados				Promedio	Cantidad de vehículos
Vehículos livianos	312	352	293	329	321.5	27777.6
Ómnibus 12	10	10	11	8	9.75	842.4
Camión sin acoplado 11	15	9	13	11	12	1036.8
Camión sin acoplado 12	2	4	4	3	3.25	280.8
Camión con acoplado 11-11	0	0	0	0	0	0
Camión con acoplado 11-12	2	3	3	2	2.5	216
Camión con semirremolque 111	0	1	1	0	0.5	43.2
Camión con semirremolque 112	5	3	4	3	3.75	324
Camión con semirremolque 113	0	0	0	0	0	0
Camión con semirremolque 122	0	0	0	0	0	0
Datos del relevamiento						
Fecha	12/06/2015	12/06/2015	15/06/2015	15/06/2015		
Hora	14:45 a 15:00	16:40 a 16:55	08:30 a 08:45	11:45 a 12:00		

Tabla 5.4: Relevamiento del tránsito para días hábiles.

Días no hábiles				
Tipo de Vehículo	Cantidad de vehículos relevados		Promedio	Cantidad de vehículos Totales
Vehículos livianos	197	178	187.5	16200
Ómnibus 12	9	8	8.5	734.4
Camión sin acoplado 11	8	7	7.5	648
Camión sin acoplado 12	5	3	4.0	345.6
Camión con acoplado 11-11	0	0	0.0	0
Camión con acoplado 11-12	2	0	1.0	86.4
Camión con semirremolque 111	0	0	0.0	0
Camión con semirremolque 112	1	1	1.0	86.4
Camión con semirremolque 113	0	0	0.0	0
Camión con semirremolque 122	0	0	0.0	0
Datos del relevamiento				
Fecha	30/06/2015	20/06/2015		
Hora	10:40 a 10:55	11:30 a 11:45		

Tabla 5.5: Relevamiento del tránsito para días no hábiles.

En estas tablas se observa la cantidad de vehículos relevados para cada uno de los tipos de vehículos utilizados en el diseño, estos tipos de vehículos los establece el método de la ASSTHO. Además se observa el día y la hora del relevamiento, como también el promedio de la cantidad de vehículos contados para cada subclasificación. Por último se presenta la cantidad de vehículos totales para los días considerados, esta se obtiene:

$$\text{Cantidad de vehículos Totales} = \text{Promedio} * 4 * 24 * 0,9$$

Dónde:

- *Promedio*: es el promedio de la cantidad de vehículos contados.
- 4: es para obtener la cantidad de vehículos en 1 hora, es decir se pasa de la cantidad relevada cada 15 min a la cantidad de vehículos/hora.
- 24: Permite obtener la cantidad de vehículos en un día, es decir se pasa de vehículos/hora a vehículos/día.
- 0,9: es el factor de hora pico. El cual indica el grado de uniformidad que tiene el tránsito en una determinada hora.

Luego, para obtener el TMDA se sumó la cantidad de vehículos totales para días hábiles y la cantidad correspondiente a los no hábiles, así se obtuvo la cantidad de vehículos totales para una semana. A este valor se lo multiplico por 4 y se obtuvo la cantidad de vehículos para un mes. Para finalizar se multiplico nuevamente este valor por 12 y se obtuvo la cantidad de vehículos para un año, dividiendo esto por 365 se determinó el TMDA para el año 2015 que es el que corresponde al año del relevamiento. Este cálculo se realizó para cada uno de los tipos de vehículos que establece el método ASSTHO.

Tipo de Vehículo	Tránsito			TMDA
	Vehículos Totales (días hábiles)	Vehículos Totales (días no hábiles)	Vehículos Totales para una semana	
Vehículos livianos	27777,6	16200	171288	22526
Ómnibus 12	842,4	734,4	5680,8	747
Camión sin acoplado 11	1036,8	648	6480	852
Camión sin acoplado 12	280,8	345,6	2095,2	276
Camión con acoplado 11-11	0	0	0	0
Camión con acoplado 11-12	216	86,4	1252,8	165
Camión con semirremolque 111	43,2	0	216	28
Camión con semirremolque 112	324	86,4	1792,8	236
Camión con semirremolque 113	0	0	0	0
Camión con semirremolque 122	0	0	0	0
Total				24829

Tabla 5.6: Determinación del TMDA.

La composición vehicular y las cargas agrupadas por tipo de eje son los datos utilizados para transformar el tránsito mixto en un parámetro único que pueda usarse en la ecuación de diseño; este parámetro es el denominado "Eje Simple de Carga Equivalente (ESAL, por sus siglas en inglés). El ESAL o W18 se define como el número de ejes simples de 18 kips que causan en el pavimento el mismo daño que los ejes y las configuraciones reales del tránsito.

Para la determinación del número de ejes simples de carga equivalentes se utilizó la metodología propuesta por la DNV. La misma propone el cálculo de un factor de contribución combinado (C_T) con el que se representa el efecto destructivo del tránsito total (en términos de ejes equivalentes de 10 toneladas).

*Factor de contribución $C_T = \text{Composición}(\%) * N^{\circ} \text{ de ejes} * \text{Factor } C$*

Tipo de Vehículo	Composición %	Nº de ejes	Factor C	Factor de contribución
Vehículos livianos	90,72	2	0,01	0,02
Ómnibus 12	3,01	2	0,07	0,00
Camión sin acoplado 11	3,43	2	0,6	0,04
Camión sin acoplado 12	1,11	3	0,38	0,01
Camión con acoplado 11-11	0,00	4	0,6	0,00
Camión con acoplado 11-12	0,66	5	0,39	0,01
Camión con semirremolque 111	0,11	3	0,54	0,00
Camión con semirremolque 112	0,95	4	0,45	0,02
Camión con semirremolque 113	0,00	5	0,41	0,00
Camión con semirremolque 122	0,00	5	0,35	0,00
Sumatoria	100,00			0,11

Tabla 5.7: Determinación del factor de contribución.

El factor C es un valor que lo define la DNV y está en función del tipo de vehículo.

Finalmente, el número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas se obtiene como:

$$ESAL = 2,2 * TMDA * C_T * G * D * L * 365 * Y$$

En donde:

- TMDA: tránsito medio diario anual.
- CT: factor de contribución combinado.
- 2.2: factor que transforma ejes equivalentes de 10tn en ejes equivalentes de 8.2tn.
- G: factor de crecimiento.
- D: camiones en la dirección de diseño (%)
- L: camiones en el carril de diseño (%)
- Y: período de diseño.

El factor de crecimiento se lo considera igual a 1 debido a que no se prevé un crecimiento significativo del tránsito para el periodo de diseño estudiado. El porcentaje de camiones en la dirección de diseño es 100% debido a que el carril en estudio tiene una sola dirección. El porcentaje de camiones en el carril de diseño se asume igual al 50% debido a que la banquina no es utilizada en todo momentos por el tránsito pesado y solo lo usa en el momentos de congestión o en circunstancias no permanentes. Por último, el tramo en estudio fue inaugurado en agosto del 2014 y el aserrado de la banquina está previsto para diciembre del 2015, por lo tanto se prevé una vida útil de 17 meses, por lo que el período de diseño es 1,4 años.

Reemplazando estos valores en la formula anterior se obtiene:

$$ESAL = 2,2 * 24829 \frac{veh}{día} * 0,11 * 1 * 100\% * 50\% * 365 \frac{día}{año} * 1,4 \text{ años}$$

$$ESAL = 1.526.333 \text{ ejes equivalentes.}$$

En resumen tenemos:

Número de Ejes equivalentes	
Admisibles según la estructura	7835976
Generados por el tránsito	1526333

Se complementó este estudio del tránsito con un análisis en el mantenimiento realizado sobre la banquina. El análisis se centró en observar el mantenimiento que se ejecutó en la banquina desde la inauguración hasta el día de la fecha.

A continuación se presenta una tabla en donde se indica, para cada mes, la superficie bacheada y el porcentaje que representa esta superficie en la superficie total de la estructura. Esta última superficie se obtuvo multiplicando el ancho de la banquina (2,5m) por su longitud (277m) arrojando un valor de 692,5 m². Además, se presenta la cantidad de ejes equivalentes según el tránsito relevado correspondientes a cada mes.

Mes	Superficie bacheada		Nº de Ejes equivalentes
	m ²	%	
Agosto	0	0%	0
Septiembre	0	0%	179569
Octubre	0	0%	269353
Noviembre	0	0%	359137
Diciembre	71,2	10%	448921
Enero	63	9%	538706
Febrero	127,5	18%	628490
Marzo	42	6%	718274
Abril	13,3	2%	808059
Mayo	11,3	2%	897843
Junio	0	0%	987627
Julio	0	0%	1077411
Agosto	0	0%	1167196
Septiembre	0	0%	1256980
Octubre	0	0%	1346764
Noviembre	0	0%	1436549
Diciembre	0	0%	1526333

Tabla 5.8: Superficie bacheada y Nº de ejes equivalentes en banquina rama directa Gama.

Se observa que los meses que más mantenimiento requirieron fueron en diciembre, enero y febrero. Además, se observa que en el primer mes que se le realizó mantenimiento el número de ejes era 448921 mucho menor al admisible por la estructura. Por lo que se puede concluir que la estructura es acorde al tránsito y se descarta que la rotura de la banquina sea por una carencia de estructura.

Descartado que el problema se deba al tránsito se procedió a estudiar cual pueden ser los motivos por los cuales la banquina demande mantenimiento en forma tan prematura. Se debe aclarar que este estudio fue realizado con información proveniente de charlas con ingenieros de la obra, lectura de informes sobre casos similares y demás

biografía. No se realizó un estudio profundo debido a que no se pudo realizar extracciones de testigo para un mayor análisis porque el personal de laboratorio estaba abocado a otras tareas que demandó el acortamiento de la entrega de la obra.

Para determinar la posible causa de rotura lo primero que se realizó fue una inspección visual y toma de fotografías, a continuación se presentan alguna de ellas:



Figura 5.11: Vista rotura de la banquina de estudio.

De la inspección se puede concluir que la rotura de la banquina solo se presenta en una franja de 1m de ancho sobre el borde de la calzada de hormigón. Esta rotura corresponde a piel de cocodrilo, esta es una degradación del pavimento que consiste en fisuras o grietas interconectadas que afectan especialmente la capa de rodadura y que forman polígonos de tamaño variable.

Las posibles causas de rotura para este tipo de fallas pueden ser:

- a) Fallas debido a un mal diseño:
 - Espesor insuficiente de la carpeta asfáltica para el tráfico a la que será expuesto.
 - Daño por fatiga.

b) Fallas debido a defectos constructivos:

- Reflejo de fisuras de bases estabilizadas.
- Bases granulares de mala calidad. Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas.
- Reparaciones mal ejecutadas, juntas mal elaboradas e implementación de reparaciones que no corrigen el daño.
- Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.
- Deformaciones de la subrasante.

A continuación se realizara una explicación de las diferentes causas y se buscara establecer cuál fue el o los motivos de la fallas.

a) Fallas debido a un mal diseño:

Se descartan estas fallas debido a que se verifico la estructura para el tránsito que la utiliza y ésta resulto acorde.

b) Fallas debido a defectos constructivos:

Se descarta la falla en la compactación de las bases granulares o asfálticas, debido a que este es un aspecto que se controla minuciosamente en toda la obra.

En relación al reflejo de fisuras de las bases estabilizadas, puede llegar a ser una posible causa, debido a que por razones constructivas, la base estabilizada de la estructura de la calzada de hormigón se construye con un sobrecancho de 0,7m del borde de la calzada, quedando este sobrecancho por debajo de la estructura de la banquina, tal como se observa en la siguiente imagen:

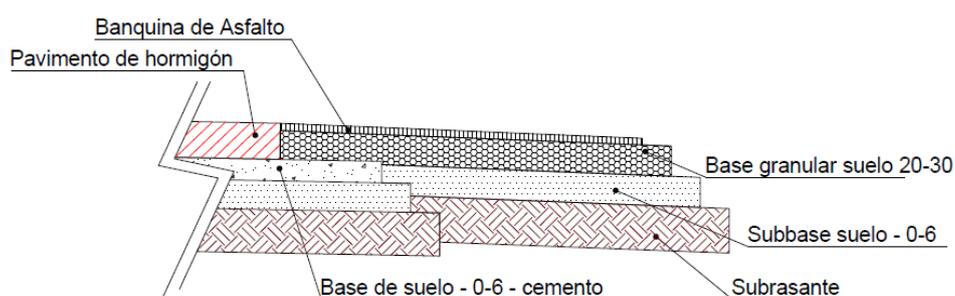


Figura 5.12: Detalle constructivo en unión pavimento-banquina.

Esta base estabilizada genera una superficie de mayor rigidez que la base granular que está en el resto de la banquina, por lo que la base donde se apoya la banquina no es homogénea.

Los problemas de drenaje que afectan a los materiales granulares también puede ser una posible falla y una de las que mayor probabilidad tenga. Esto se debe a que por la interface hormigón-asfalto queda una junta por donde puede ingresar agua, en dicha junta se había colocado una material sellante, pero este no perduro en el tiempo y el

transito lo fue destruyendo. Este efecto puede observarse en la figura 5.13 en donde se aprecia que en la junta no está presente el material de sellado. El ingreso de agua produce una reducción en la capacidad estructural de la banquina con el riesgo de la perdida de soporte por erosión. Además, puede afectar a la subrasante, generando deformaciones en ella. Debido a que los meses de mayores intervenciones en reparación corresponden a los meses de mayores lluvias conlleva a inclinarse a que el agua es el causante de la rotura de la banquina.



Figura 5.13: Vista junta sin material de sellado.

Otra de las fallas que puede descartarse es la de reparaciones mal ejecutadas porque en los lugares en donde se realizó la reparación no se volvió a presentar el problema.

En resumen, se puede concluir que la falla puede haber sido provocada por el ingreso de agua en la junta. Por lo que para la construcción de las ramas indirectas Gama y Ferrocons se recomendó la utilización de un sellante en la junta y la toma de mayores precauciones en su colocación para que éste tenga una duración mayor y la banquina no se vea afectada.

5.3.2. Diseño del desvío "Viaducto Colon - Av. Ejército Argentino"

Como se mencionó anteriormente el Viaducto Colón será inaugurado junto con las ramas indirectas de Gama y de Ferrocons y la parte Norte de la rotonda.

Este viaducto que vincula la Avenida Colon con la Avenida Ejército Argentino tiene aproximadamente 160 metros de longitud, un ancho total de 12,7m, un ancho de calzada de 10,5m formado por tres carriles de circulación de 3,5m de ancho, con sobrecanchos de 0,5m del lado interno y 1m del lado externo, y defensas vehiculares de 0,35 m de ancho en ambos laterales. Los accesos se desarrollan con terraplén entre muros, con muros de altura variable entre los 1m y 12m.

La carpeta de rodamiento sobre el viaducto es de asfalto, en cambio, las de los accesos es de hormigón. La vinculación del terraplén de acceso del Lado Este (con Av. Colon) se realizara según el proyecto ya que todas las obras están finalizadas, en cambio la vinculación del lado Oeste (con Av. Ejército Argentino) será de manera provisoria debido

a que todavía no se ejecutó la obra definitiva. Entonces, se debió diseñar una rampa de vinculación entre el terraplén del viaducto con el desvío existente que se utiliza para vincular la Av. Ejército Argentino con la antigua rotonda.

Al final del capítulo se presenta el Plano N°5.1 donde se observa proyecto final de la zona oeste con la superposición del nuevo desvío.

Para diseñar la rampa de vinculación se presentaron una serie de limitaciones, las primeras de ellas asociadas a las cotas y las posiciones de inicio y finalización de la rampa. En relación al punto de inicio, quedaba definido, en altura y en posición, por la calzada de hormigón ejecutada del terraplén de acceso al viaducto. En cuanto al punto de finalización quedo definido por el desvío al que debía vincularse. Pero éste punto, a diferencia del inicio, solo estaba fija la altura porque la posición de vinculación podía elegirse, es decir, se podía elegir donde realizar la vinculación, elegido el lugar, la cota de ese punto estaba preestablecida y debía cumplirse.

El viaducto será habilitado con dos carriles por sentido de 3,65m cada uno, por lo que el ancho de la rampa quedo limitado por esas dimensiones. Por lo tanto se tomó como ancho de cada carril 7,3 m, pero el terraplén que funciona como apoyo de la rampa será construido con sus dimensiones finales (25m aproximadamente), por lo que se decidió ejecutar un sobreechanco en ambos carriles, éste tiene ancho variable, comenzando con 4m en la vinculación con el hormigón y terminando en cero en la unión con el desvío.

En relación a la pendiente longitudinal al ser un desvío provisorio no se presentaron exigencias a cumplir, si se respetó algunas recomendaciones que establecen una pendiente longitudinal máxima entre 4% y 5%. En cuanto a la pendiente transversal, la calzada de hormigón presenta una pendiente de 4%, los desvíos entre 1 y 2%, por lo que se comenzó con el 4% y se finalizó con una pendiente comprendida entre 1 y 2% generando una transición en entre ellas.

Con estas consideraciones y limitaciones se procedió a realizar un dibujo en planta con la geometría de la posible rampa. Luego se debió definir las cotas de los puntos para luego poder construir las. Para definir estos puntos se siguió el siguiente criterio: se comenzó el cálculo por el borde de calzada del lado Sur (sin considerar el sobreechanco), tomando el punto de intercepción entre la rampa y el desvío como punto de inicio del cálculo, a partir de este punto y hacia el lado del hormigón se interpolo linealmente para obtener las cotas de puntos ubicados cada aproximadamente 10 m. Definido el borde del lado sur, se prosiguió con el borde central, para ello con el punto de inicio anterior y con una pendiente transversal del 2% se obtuvo el punto de inicio de este borde y se repitió el procedimiento anterior, es decir, hacia arriba de este punto (hacia la calzada de hormigón) se interpolo linealmente con la cota del borde de hormigón y hacia abajo (hacia el desvío) se respetó una pendiente del 2% con las cotas de la calzada sur. Por último, para el borde de calzada del lado norte se prosiguió con la misma metodología que la seguida para el borde central.

Al final del capítulo en el plano 5.2 se encuentra un detalle del desvío diseñado.

Realizado el plano se ejecutó una planilla de Excel en donde se dibujó el perfil longitudinal de cada calzada y además se determinó las pendientes transversales para un mayor control. El dibujo del perfil longitudinal permite visualizar errores y realizar las modificaciones correspondientes.

Los perfiles obtenidos y las tablas utilizadas para el cálculo se presentan a continuación:

LADO NORTE					
Descripción	Cota	Distancia	Diferencia de cota	Pendiente Longitudinal	Progesiva
Estribo 2	471,34				715
Calzada de Hº	470,90	20	-0,44	-2,20%	735
Calzada de Hº	470,33	20	-0,57	-2,85%	755
Calzada de Hº	469,64	20	-0,69	-3,45%	775
Calzada de Hº	468,85	20	-0,79	-3,95%	795
Calzada de Hº	468,08	20	-0,77	-3,85%	815
Calzada de Hº	467,31	20	-0,77	-3,85%	835
Calzada de Hº	466,60	20	-0,71	-3,55%	855
Calzada de Hº	466,00	20	-0,60	-3,00%	875
Fin calzada Hº	465,48	20	-0,52	-2,60%	895
Desvío Nuevo	464,89	15	-0,59	-3,93%	910
Desvío Nuevo	464,28	15	-0,61	-4,07%	925
Desvío Nuevo	463,68	15	-0,60	-4,00%	940
Desvío Nuevo	463,52	10	-0,16	-1,60%	950
Desvío Nuevo	463,72	21	0,20	0,95%	971
Desvío Nuevo	463,93	10,5	0,21	2,00%	982
Desvío Nuevo	463,94	10,5	0,01	0,10%	992
Desvío existente	463,95	10	0,01	0,10%	1002
Desvío existente	464,02	12	0,07	0,62%	1014

Tabla 5.9: Control de pendiente longitudinal en borde de calzada lado norte.

CENTRO					
Descripción	Cota	Distancia	Diferencia de cota	Pendiente Longitudinal	Progesiva
Estribo 2	471,62				715
Calzada de Hº	471,18	20	-0,44	-2,20%	735
Calzada de Hº	470,61	20	-0,57	-2,85%	755
Calzada de Hº	469,92	20	-0,69	-3,45%	775
Calzada de Hº	469,13	20	-0,79	-3,95%	795
Calzada de Hº	468,36	20	-0,77	-3,85%	815
Calzada de Hº	467,59	20	-0,77	-3,85%	835
Calzada de Hº	466,88	20	-0,71	-3,55%	855
Calzada de Hº	466,28	20	-0,60	-3,00%	875
Fin calzada Hº	465,76	20	-0,52	-0,026	895
Desvío Nuevo	465,12	15	-0,64	-4,27%	910
Desvío Nuevo	464,47	15	-0,65	-4,33%	925
Desvío Nuevo	463,81	15	-0,66	-4,40%	940
Desvío Nuevo	463,56	10	-0,25	-2,50%	950
Desvío existente	463,85	21	0,29	1,38%	971
Desvío existente	463,95	10,5	0,1	0,95%	982
Desvío existente	464,01	10,5	0,06	0,57%	992
Desvío existente	464,10	10	0,09	0,90%	1002
Desvío existente	464,16	10,5	0,06	0,57%	1013

Tabla 5.10: Control de pendiente longitudinal en eje central de la rampa.

LADO SUR					
Descripción	Cota	Distancia	Diferencia de cota	Pendiente Longitudinal	Progesiva
Estribo 2	471,90				715
Calzada de Hº	471,46	20	-0,44	-2,20%	735
Calzada de Hº	470,89	20	-0,57	-2,85%	755
Calzada de Hº	470,20	20	-0,69	-3,45%	775
Calzada de Hº	469,41	20	-0,79	-3,95%	795
Calzada de Hº	468,64	20	-0,77	-3,85%	815
Calzada de Hº	467,87	20	-0,77	-3,85%	835
Calzada de Hº	467,16	20	-0,71	-3,55%	855
Calzada de Hº	466,56	20	-0,60	-3,00%	875
Fin calzada Hº	466,04	20	-0,52	-2,60%	895
Desvío Nuevo	465,33	15	-0,71	-4,73%	910
Desvío Nuevo	464,66	15	-0,67	-4,47%	925
Desvío existente	463,95	17	-0,71	-4,18%	942

Tabla 5.11: Control de pendiente longitudinal en borde de calzada lado sur.

Descripción	Lado Norte	Centro	Distancia	Pendiente Transversal
Fin calzada Hº	465,48	465,76	7,4	3,8%
Desvío Nuevo	464,89	465,12	7,8	2,9%
Desvío Nuevo	464,28	464,47	7,3	2,6%
Desvío Nuevo	463,68	463,81	6,8	1,9%
Desvío Nuevo	463,52	463,56	6,9	0,6%
Desvío Nuevo	463,72	463,85	6,9	1,9%
Desvío Nuevo	463,93	463,95	6,8	0,3%
Desvío Nuevo	463,94	464,01	6,8	1,0%
Desvío existente	463,95	464,10	7,4	2,0%

Tabla 5.12: Control de pendiente trasversal en calzada norte.

Descripción	Lado Sur	Centro	Distancia	Pendiente Transversal
Fin calzada Hº	466,04	465,76	7,4	-3,8%
Desvío Nuevo	465,33	465,12	7,8	-2,7%
Desvío Nuevo	464,66	464,47	7,3	-2,6%
Desvío existente	463,95	463,81	6,8	-2,1%

Tabla 5.13: Control de pendiente trasversal en calzada sur.

ASISTENCIA TECNICA EN OBRA: INTERCAMBIADOR VIAL "EL TROPEZON"

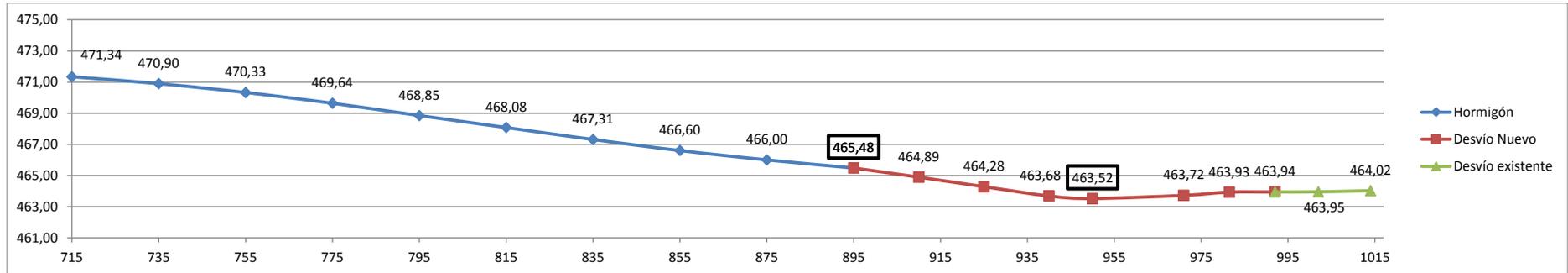


Figura 5.14: Perfil longitudinal borde de calzada lado norte.

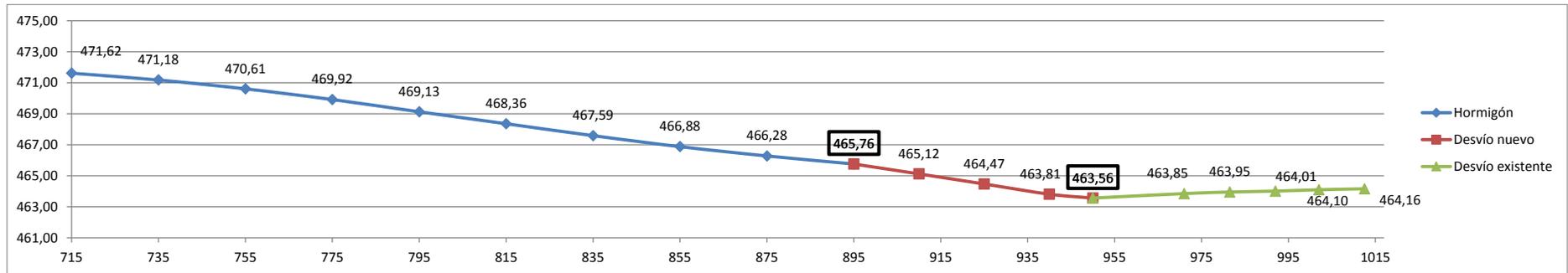


Figura 5.15: Perfil longitudinal eje de calzada.

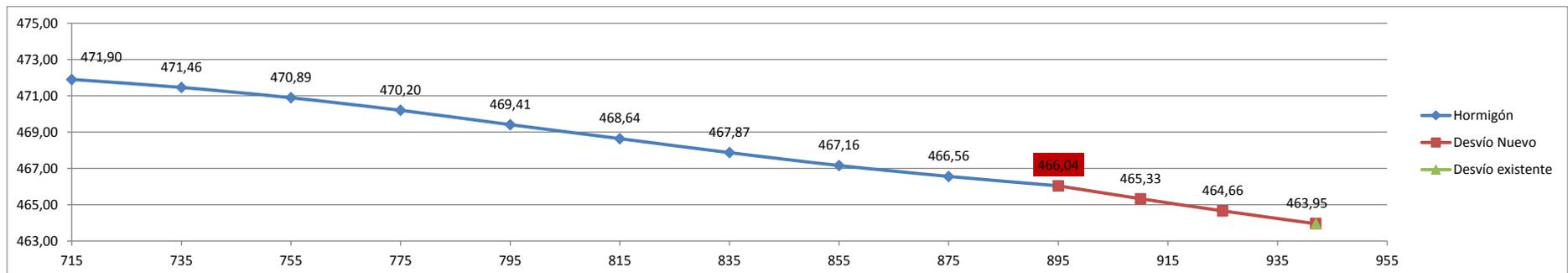


Figura 5.16: Perfil longitudinal borde de calzada lado sur.

A continuación se observan algunas imágenes del desvío construido:



Figura 5.17: Vista desvío: viaducto Colón con Av Ejército Argentino.

5.4. MANTENIMIENTO DE LOS DESVÍOS

5.4.1. Importancia del mantenimiento

El mantenimiento de pavimentos podría definirse como la función de preservar, reparar y restaurar una vía y conservarla en condiciones de uso seguro, conveniente y económico.

En general el mantenimiento puede ser de dos tipos: correctivo o preventivo. El primero corrige las deficiencias que se presentan en la estructura del pavimento después que ha ocurrido un deterioro. En cambio, el segundo se anticipa al deterioro de las características estructurales del camino. El caso en estudio corresponde a un mantenimiento correctivo debido a que se corrigen las deficiencias una vez que se detectó el daño.

Como se mencionó en los capítulos anteriores, el flujo vehicular por el nudo vial es muy importante, por lo que las tareas de mantenimiento de la infraestructura existente son fundamentales. Por otro lado, una de las premisas del proyecto es que el tránsito siga fluyendo por la zona, por lo que la conservación de las vías se vuelve aún más importante.

Por lo mencionado anteriormente, una de las tareas de la oficina técnica de la obra es conservar en buen estado las arterias que confluyen al nudo vial y que forman parte de la zona de obra. Esas tareas estuvieron a cargo mío durante la duración de la Práctica Profesional.

5.4.2. Tareas realizadas en el mantenimiento

Las actividades principales para determinar y corregir los daños que se puedan presentar en un pavimento son: diagnóstico y corrección de los daños presentes a través de las actividades de mantenimiento.

El diagnóstico permite realizar un levantamiento del estado actual del pavimento, cuantificar los daños e indicar la reparación conveniente desde el punto de vista técnico. Por otro lado, la corrección de los daños permite reparar los daños y restaurar las condiciones iniciales.

Los desvíos existentes corresponden, por un lado a ramas de la antigua rotonda y por otro lado a desvíos del nuevo nudo vial. Los primeros son de pavimentos flexibles y son los más deteriorados, los segundos son de pavimento rígido y se encuentran en buen estado. Es por ellos las tareas de mantenimiento se realizaron sobre las ramas de pavimento flexible. Se debe aclarar que también se realizó el manteamiento de las banquetas del pavimento de hormigón de los nuevos desvíos, debido a que son utilizados como un tercer carril.

A continuación se detallan las tareas realizadas en el mantenimiento:

5.4.2.1. Relevamiento

Esta tarea consistió en realizar un recorrido por las calzadas existentes incluidas dentro de la zona de obra. El material necesario para realizar esta tarea fue: un plano de la obra, lápiz, cinta métrica y cámara de fotos. A medida que se recorre la zona y se detecta alguna falla en la carpeta de rodadura se registra, por un lado la ubicación de la misma en el plano con un número de referencia, y por otro anotaba en una hoja el número de referencia con una descripción del tipo y las dimensiones en planta de la falla, todo esto era complementado con una foto.

A continuación se adjunta una tabla de Excel de un relevamiento de la segunda semana de abril. En ella se observa:

- **Número:** Número del bache.
- **Descripción:** Tipo de falla observada.
- **Sector:** Ubicación de la falla.
- **Dimensiones:** Largo y ancho medidas en el primer recorrido.
- **Superficie:** superficie en planta del bache.
- **Espesor:** corresponde el espesor estimativo que se considera que se va a bachear.
- **Peso:** Se obtiene multiplicando el volumen del bache con la densidad del material. Esta última es 2,4 Tn/m³.
- **Sup. Arreglada:** medida en planta de la superficie realmente intervenida.

ARREGLOS DESVÍOS ABRIL 2015								
Numero	Descripcion	Sector	Dimensiones		Superficie (m ²)	Espesor m	Peso (tn)	Sup. Arreglada
			Largo (m)	Ancho (m)				
1	Piel de cocodrilo	Rama Ferrocons - Boca Alcantarilla	3,00	1,00	3	0,07	0,504	3,5
2	Piel de cocodrilo	Rama Ferrocons	4,00	1,00	4	0,07	0,672	4,2
3	Piel de cocodrilo	Rama Ferrocons	2,30	1,00	2,3	0,07	0,3864	2,5
4	Piel de cocodrilo	Rama Ferrocons	7,00	1,00	7	0,07	1,176	7
5	Piel de cocodrilo	Rama Ferrocons	2,80	1,00	2,8	0,07	0,4704	2,8
6	Piel de cocodrilo	Rama Ferrocons	2,00	1,00	2	0,07	0,336	2,1
7	Piel de cocodrilo	Sector Canal Maestro (Militares)	3,50	1,50	5,25	0,07	0,882	5,3
8	Bache	Rama Gama frente Obrador	6,8	1,2	8,16	0,07	1,37088	8,1
9	Bache	Rama Gama	3,3	1,2	3,96	0,07	0,66528	4
10	Bache	Rama Gama	1,2	1	1,2	0,07	0,2016	1,2
11	Bache	Esquina obrador			18,5	0,07	3,108	8,16
12		Ingreso FERROCONS	12,5	1	12,5	0,12	3,6	12,9
			7,2	2	14,4			
			5	3,5	17,5			
13	Bache	Ingreso a Rotonda del Obrador	2,8	1	2,8	0,07	6,8376	50,501
			5	1,2	6			
			3	0,5	1,5			
TOTAL (tn)							20,21	

Tabla 5.14: Relevamiento y computo del mantenimiento.

Terminado el recorrido, se pasaron los datos a una planilla de Excel donde se calculó el volumen teórico de material que se necesita para reconstruir la carpeta de rodamiento dañada. Realizada esta tarea, se contacta al subcontratista que se encarga de realizar la reparación. Esta empresa denominada INGEMAX S.A., envía un encargado y se recorre la obra, indicándole y marcando las fallas existentes que se deben reparar. Además se establece un orden de prioridades en la reparación, según la importancia de la vía que está dañada. A medida que se marca, se vuelve a medir en planta la zona señalizada para así obtener un volumen de material necesario más aproximado que el teórico obtenido en el primer recorrido. El volumen así obtenido se lo comunica al encargado de la empresa INGEMAX S.A., el cual se encarga de comprarlo y transportarlo a la obra.



Figura 5.18: Marcado de la zona a bachear con aerosol.

En general se presentaron dos tipos de fallas:

- **Baches:** Hundimiento local de la calzada, con agrietamiento en malla cerrada y generalmente pérdida parcial de bloques de la capa de rodadura (carpeta). Se deben a la rotura del pavimento debido a la fisuración por fatiga, desprendimientos localizados, entre otros factores.
- **Piel de cocodrilo:** Corresponde a una serie de fisuras interconectadas causadas por la falla por fatiga en una superficie asfáltica. La fisuración comienza en el fondo de la capa de pavimento, donde las tensiones de tracción y la deformación son máximas debidas a las cargas de tránsito. Las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una o varias fisuras longitudinales paralelas. Luego de varias repeticiones de tráfico, las fisuras se conectan y forman polígonos de ángulos agudos, desarrollando un patrón similar al de la piel de cocodrilo. Sólo ocurre en las zonas sometidas a repeticiones de carga (por donde pasan las ruedas). Se considera a esta una falla estructural de gran importancia.

5.4.2.2. Reparación de la falla o bacheo

Independientemente la causa, es decir si era un bache o era piel de cocodrilo, la tarea que se realizó se denomina "Bacheo", que son reparaciones de pequeñas áreas dañadas que tienen el propósito de reponer una superficie de rodadura lisa, impermeable y con su debido soporte estructural.

Como se mencionó en el subíndice anterior, las reparaciones las realizó la empresa subcontratista INGEMAX S.A. La misma provee la mano de obra, la maquinaria y además se encargar de la compra y del traslado del material necesario para realizar la reparación.

El material que se utilizó es una mezcla cuya composición es la siguiente:

Características de la mezcla asfáltica	
Arena Silícea	7,6%
Tritura 6-19	22,80%
Triturado 6-25	19,10%
Tritura 0-6	45,70%
Cemento Asfáltico CA 50-60	4,80%

La denominación de CA 50-60 significa que corresponde a un Cemento Asfáltico cuya penetración se encuentra entre 50 y 60 décimas de milímetros, este valor corresponde a una consistencia relativamente dura.

Estos datos fueron aportados por la empresa Boetto Y Buttigliengo S.A. que provee el material para la reparación.

A continuación se detalla en procedimiento realizado para la reparación de una calzada de asfalto.

Demarcada la zona donde se va a realizar la reparación, se procedió a colocar los dispositivos de seguridad y las señales de tránsito pertinente, para evitar accidentes.

Luego se ejecutó el aserrado, esto se realiza para separar la zona que se va a restituir con la zona que no se va a modificar. En general las paredes deben quedar parejas y verticales debiendo ser perpendiculares al eje del camino. El aserrado se realizó con la máquina que se observa en la siguiente imagen:



Figura 5.19: Zona previa al inicio del bacheo



Figura 5.20: Aserrado de la carpeta de rodamiento a remover.

Para poder retirar la carpeta asfáltica que se desea remover se utilizó un equipo con un taladro neumático que tritura el material, luego con el mismo equipo pero dotado de una pala frontal se retiró todo el material suelto.

A continuación, se hizo un escarificado de aproximadamente 5 cm sobre la base existente. Esta tarea tiene doble objetivo, por un lado retirar el material para luego mezclarlo con cemento y hacer una base suelo cemento, y por otro, liberar la zona para compactar la subbase existente. El material escarificado fue retirado con la pala y colocado en un costado.



Figura 5.21: Escarificado de la base.

La subbase fue compactada con rodillo vibratorio liso, como se observa en la siguiente imagen:



Figura 5.22: Compactado de la subbase.



Figura 5.23: Pala cargadora mezclando la base.

Con el material extraído, que por observación se trata de suelo arena, se prepara la mezcla para la nueva base. Para ello se colocó cemento y se lo mezcló con la pala frontal, a medida que se lo mezcla se le agrego agua. La proporción de cemento y la de agua son estimativas y no responden a ninguna dosificación.

Una vez que la nueva base se homogenizo, se procedió a trasladarla y distribuirla en el bache. La distribución se realizó de forma manual mediante el uso de rastrillos.



Figura 5.24: Distribución de la base suelo – arena - cemento.



Figura 5.25: Compactado de la base.

La base se compactó con un rodillo liso vibratorio. Se realizaron aproximadamente tres pasadas.

Compactada la base, se procedió a aplicar la imprimación. Ésta es una emulsión asfáltica que se utiliza para asegurar la unión de la superficie granular (suelo – arena – cemento) con la asfáltica (carpeta de rodamiento). La emulsión debe ser de rotura lenta par que penetre en la capa granular, llene los vacíos y forme una superficie impermeable.

Se debe cubrir toda el área incluyendo las paredes verticales. Se aplicó mediante el uso de un balde con perforaciones como se observa en la figura 5.27.



Figura 5.26: Aplicación de la imprimación.



Figura 5.27: Vista base compactada.

A continuación se descargó el material, este se distribuyó en forma manual mediante el uso de rastrillos. La cantidad de material que se debe colocar debe ser tal que genere una capa de unos 2cm por encima del borde del pavimento existente esto es para que cuando se compacte quede todo en el mismo nivel.



Figura 5.28: Colocación de la mezcla asfáltica.



Figura 5.29: Distribución manual del material previo paso del compactador.

Una vez que se cubrió todo el bache, se compacta la mezcla asfáltica, para ello se utiliza el mismo equipo que se empleó para compactar la base. Antes de comenzar el compactado se rego el rodillo de la compactadora con agua para evitar que la mezcla se adhiera al mismo. La compactación se realiza en tres pasadas.



Figura 5.30: Compactación de la carpeta de asfalto.



Figura 5.31: Vista bacheo finalizado.

5.4.2.3. Certificación

Para efectuar el pago del servicio prestado por la empresa INGEMAX S.A se debe realizar la certificación de las tareas realizadas. Dicha tarea la realice en marco de la Práctica Profesional.

El ítem se denomina provisión de concreto asfáltico y se paga por la cantidad (Toneladas) de mezcla colocada. Para poder realizar una contratación de una empresa se tiene que generar una orden de compra, esta orden la genera la administración del obrador y define cual es la cantidad de la unidad de medida de ese ítem que se puede contratar.

A continuación se adjunta una orden de compra, en donde se habilita a la contratación de la empresa INGEMAX S.A por una cantidad de 70 Tn. En esta orden además se establece el precio del ítem y el importe total de la orden de compra. Terminada la cantidad habilitada del ítem se debe proceder a solicitar la liberación de otra orden de compra. Se aclara que se han eliminado los datos de la empresa y los importes de la misma por pedido de la administración.

INGEMAX SA		Orden de Compra: 4500094646 Rv. 0				
C.P.: 5009	CIUDAD: CORDOBA	Fecha de Emisión: 06.10.2014				
TEL.:	CUIT:	Nro. Página: 1 de 1				
		Tipo de Copia: ORIGINAL				
Cond. de Pago:		Moneda: ARS				
Centro:	105 - Consorcio EISA - ROGIO	Comprador: MOVIEDO				
Item	Código	Cantidad	U.M.	Precio	IVA	Importe
10	Total Posición Servicio					
	PROVISION DE CONCRETO ASFALTICO	70	T			
	Reparto	Cantidad	Fecha de Entrega	Lugar de Entrega		
	1	1	15.12.2014	5000 cordoba Cordoba		

Precio fijo e inamovible expresado en pesos.

Figura 5.32: Orden de Compra

A continuación se adjunta un certificado y luego se explica los paso que seguí para su conformación.

En el sector superior derecho, se completa con:

- El número de certificado de la orden de compra que se está utilizando. En este caso es el certificado N°2, es decir es el segundo certificado que se realiza para la misma orden de compra.
- El monto del contrato, que corresponde al monto total de la orden de compra. Si se realiza o no anticipo financiero, en este caso no se realiza anticipo financiero.

En el sector superior izquierdo, se completa con los datos de las empresas, fecha del certificado y orden de compra utilizada.

Luego se procede a completar la parte central. En el primer cuadro (1) se coloca:

- La descripción de la tarea, en este caso es la provisión del concreto asfáltico (al igual que en la orden de compra).
- La cantidad del ítem que establece la orden de compra (B).
- El precio unitario fijado en la misma orden (C).

El cuadro denominado "2" se completa con las cantidades ejecutadas donde:

- D: corresponde a las cantidades ejecutadas en el certificado anterior, pero que pertenecen a la misma orden de compra. Para el caso de análisis, la orden de compra había sido liberada en el mes de marzo, por lo que D corresponde a la cantidad de provisión de concreto asfáltico solo de ese mes.
- E: es la cantidad ejecutada en el mes que se desea realizar el certificado. En este caso al mes de abril.
- F: es la suma de E + D, es decir las cantidades acumuladas de la misma orden de compra.

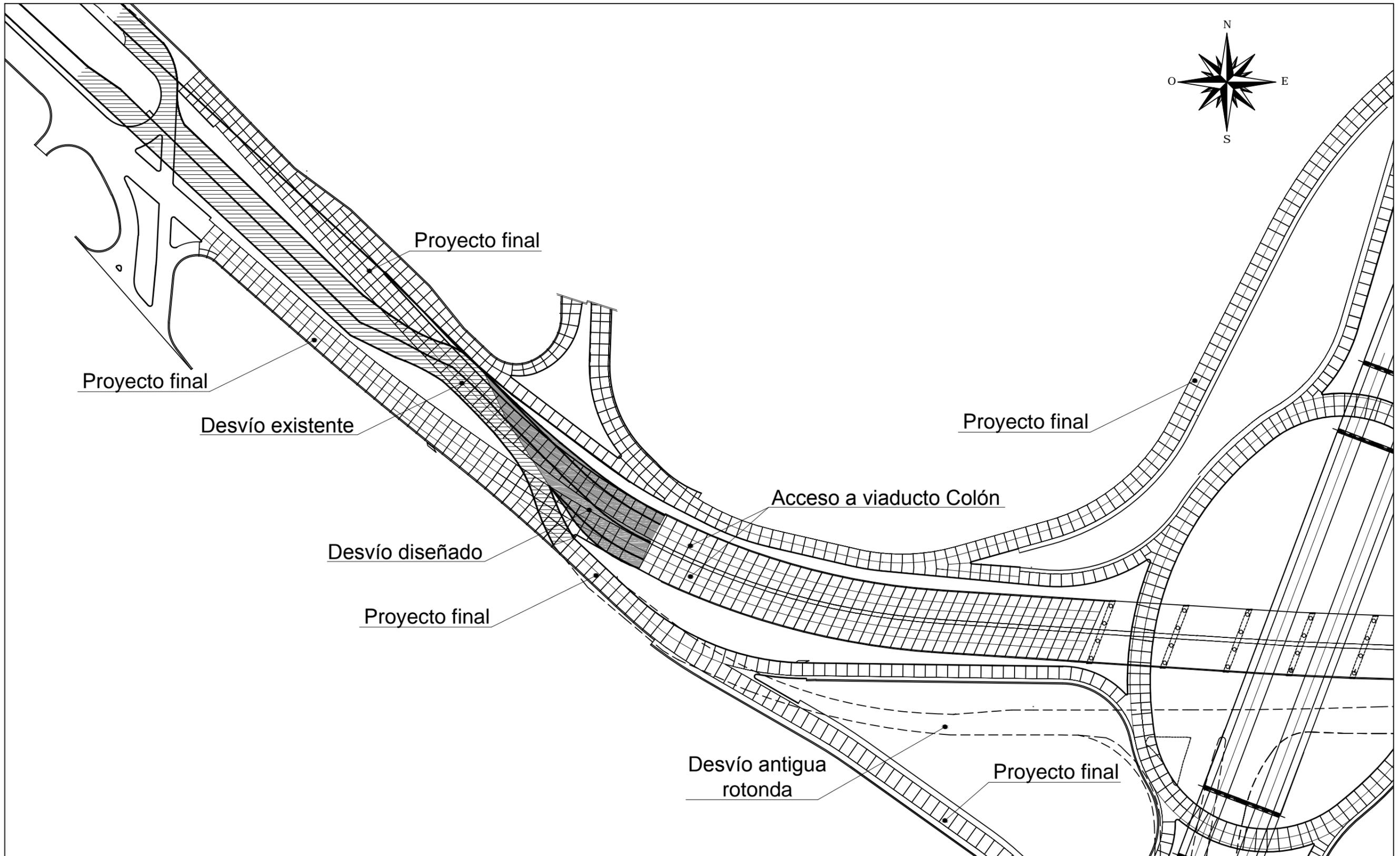
El cuadro "3" es similar al "2" pero en lugar de cantidades (Tn) es con porcentaje de avance. Estos porcentajes son referidos a la cantidad total de la orden de compra (B). En el certificado se observa cómo se obtiene cada uno.

En el cuadro "4" se colocan los montos que corresponden al certificado anterior, al actual y al monto acumulado. Estos valores se obtienen multiplicado el precio unitario del ítem por la cantidad ejecutada. Los valores "L", "M" y "N" corresponden a la suma de los montos anteriores, actuales y acumulados respectivamente de todos los ítem ejecutados, en este certificado solo se considera un ítem por lo que no existe tal suma y estos valores son iguales a los montos de la provisión de concreto asfáltico. Luego se debe colocar en el cuadro "4" el monto total actual, en este caso igual a "M".

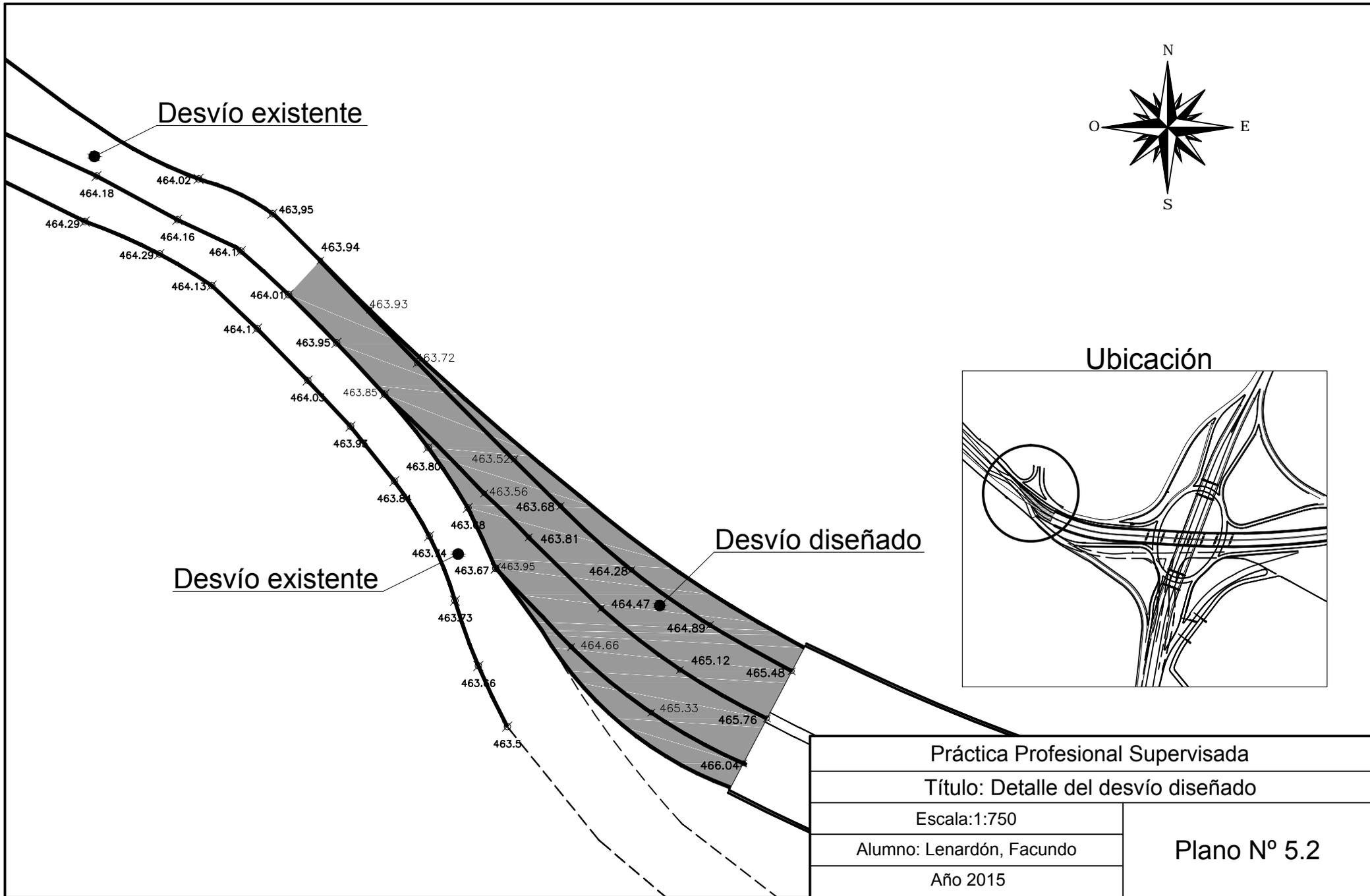
Para finalizar el certificado se completa el cuadro "5" el cual contiene los datos los porcentajes y montos del contrato (orden de compra). En el certificado se observa los cálculos que se realizan para obtener cada valor.

El cuadro "6" corresponde a los anticipos financieros, descuentos y redeterminaciones, en este caso no se realizara anticipo financiero, ni se realiza un descuento, como tampoco redeterminaciones. Esto último se coloca en los certificados para considerar los aumentos que se producen en los precios de los ítem, es decir, cuando el valor del precio unitario del ítem que se obtiene de la orden de compra que se realizó al momento de la contratación quedo desactualizado con respecto al valor que tiene en la actualidad. Para el caso de este ítem, las órdenes de compra se efectúan con cantidades que son rápidamente consumidas, por lo que cuando se libera una nueva orden de compra se efectúa con el precio actualizado y no es necesario utilizar las redeterminaciones.

En el cuadro "7" se coloca el monto final del certificado y también el monto de la redeterminación.



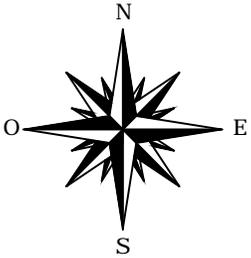
Práctica Profesional Supervisada	
Título: Proyecto final acceso oeste con desvíos	
Escala: 1:1500	Plano N° 5.1
Alumno: Lenardón, Facundo	
Año 2015	



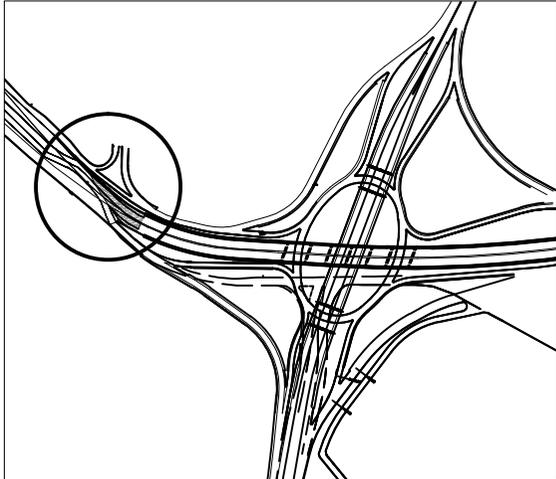
Desvío existente

Desvío existente

Desvío diseñado



Ubicación



Práctica Profesional Supervisada	
Título: Detalle del desvío diseñado	
Escala: 1:750	Plano N° 5.2
Alumno: Lenardón, Facundo	
Año 2015	

Capítulo 6 - Conclusiones

A lo largo de este informe se resumieron los conocimientos técnicos básicos necesarios para poder llevar a cabo una obra vial: conocer cómo se ejecutan los trabajos, con que instrumental, equipamiento y mano de obra se debe contar; que aspectos se deben cuidar y controlar para garantizar la calidad de la obra; y como se cobran los trabajos ejecutados, para con esto tener las herramientas que permitan la ejecución y el avance de la obra de una manera óptima, rápida y técnico-económicamente apropiada. Sin embargo, para poder realizar lo antes dicho, no es suficiente con tener los conocimientos técnicos apropiados. Hay una cuestión con una gran influencia, que es la experiencia. Esto juega un papel fundamental a la hora de decidir qué recursos y que metodología utilizar. Ayuda a poder prever con mayor certeza los tiempos de trabajo, y lograr los objetivos planteados. Esta experiencia surge de estar, observar y entender cómo se trabaja en una obra, comprender como son las relaciones entre las personas que participan de la misma, de cometer errores y, sobre todo, de relacionarse directamente con gente dentro del ámbito laboral. Este último aspecto es uno de los desafíos más complejos que tiene un ingeniero a la hora de afrontar una obra. Esta práctica es una gran experiencia y permitió afianzar y aplicar muchos de los conceptos adquiridos en las distintas materias cursadas a lo largo de la carrera, en un ámbito en el cual el alumno pudo relacionarse con profesionales de la Ingeniería Civil más experimentados, quienes le brindaron una visión integral de las organizaciones laborales profesionales de este tipo.

Desde el punto de vista técnico y en relación a los temas abordados en cada uno de los capítulos, se puede concluir:

- La tarea que desarrolla el ingeniero a cargo de la construcción del pavimento rígido demanda una experiencia y un conocimiento de los métodos muy importante, esto se adquieren con la participación en obra, consultas a todas las personas que intervienen en el proceso, porque de todos se puede aprender algo.
- La reducción en los tiempos de entrega de la obra demandó la necesidad de realizar el pavimento en menos tiempo, por lo cual se efectuó un cambio en el paquete estructural. Dicho cambio, además de ser más costoso, no fue acompañado de un análisis estructural, que hubiera podido servir para, por ejemplo, decidir disminuir en algunos centímetros el espesor de la carpeta de rodamiento debido al mejoramiento del tipo de base.
- Para lograr cumplir el plan de avance y poder entregar la obra en tiempo y forma, se debe tener disponible todos los materiales y herramientas en el momento que se las solicite, de modo que el cómputo de los materiales para abastecimiento es una tarea muy importante y que debe realizarse siempre independientemente de la magnitud de los trabajos a realizar.

- Para poder realizar el cómputo necesario para la certificación se debe tener un conocimiento de los métodos constructivos y de los materiales utilizados, de lo que realmente se ejecutó y en qué momento se realizó cada tarea. Para esto se debe concurrir durante todas las etapas de la construcción y además, realizar todas las consultas que sean necesarias.
- Durante el diseño de las juntas de los pavimentos, debe considerarse una gran cantidad de factores, lo que demandaría un análisis integrador de muchas variables, por lo que, para simplificar el diseño, debe utilizarse la experiencia adquirida en la zona de emplazamiento de la obra con los materiales del lugar. Esto se realiza observando juntas en obras viales similares emplazadas en la misma zona y estudiando su comportamiento en servicio.
- En relación al estudio sobre la banquina, se puede concluir que los controles en el proceso constructivos son fundamentales, debido a que, por ejemplo, el mal sellado de la unión entre el pavimento y la banquina demando grandes costos y también importantes demoras en el transito durante los arreglos de la carpeta asfáltica de la banquina.
- Los desvíos en esta obra fueron unos de los puntos más importantes, debido a la exigencia de mantener el transito durante la construcción del intercambiador. Es por esto que las tarea de mantenimiento toma gran relevancia.

En síntesis, esta práctica es una capacitación para poder en el futuro dirigir una obra, ser Jefe de Obra o jefe de oficina técnica. Por lo antes dicho, y en cuanto a lo académico, se puede decir que el desarrollo de esta práctica cumplió con su principal objetivo, que es la inserción del alumno en el ámbito laboral, desempeñando tareas directamente relacionadas con la profesión. En este caso, la inserción fue completa y directa, y la elaboración del informe fue de gran utilidad para poder resumir y plasmar aquellos nuevos conocimientos adquiridos en el ejercicio de la profesión, relacionándolos o correspondiéndolos con aquellos adquiridos en la etapa de estudiante.

Finalmente, a título personal, me gustaría concluir que la magnitud de lo aprendido en esta experiencia laboral es inconmensurable. Desde cuestiones puramente técnicas y relacionadas directamente a la ingeniería, hasta cuestiones de carácter personal.

Capítulo 7 - Bibliografía

Instituto del Cemento Portland Argentino (2014). **"Manual de diseño y construcción de pavimentos de hormigón"**.

Catedra "Transporte II". Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. (2008). **"Principios de diseño geométrico vial"**.

Ministerio de Infraestructura. Dirección Provincial de Vialidad Córdoba (2014). **"Pliego particular complementario de condiciones"**.

Dirección Nacional de Vialidad (1998). **"Pliego de Especificaciones Técnicas Generales"**.

Dirección Nacional de Vialidad. **"Norma de ensayo: VN - E8 - 66: Control de compactación por el método de la arena"**.

Dirección Nacional de Vialidad. **"Norma de ensayo: VN - E5 - 93: Compactación de suelos"**.

Dirección Nacional de Vialidad. **"Norma de ensayo: VN - E6 - 84: Determinación del valor soporte e hinchamiento de suelos"**.

Dirección Nacional de Vialidad. **"VN - E2 - 65: Límite líquido"**.

Dirección Nacional de Vialidad. **"VN - E3 - 65: Límite plástico, índice de plasticidad"**.

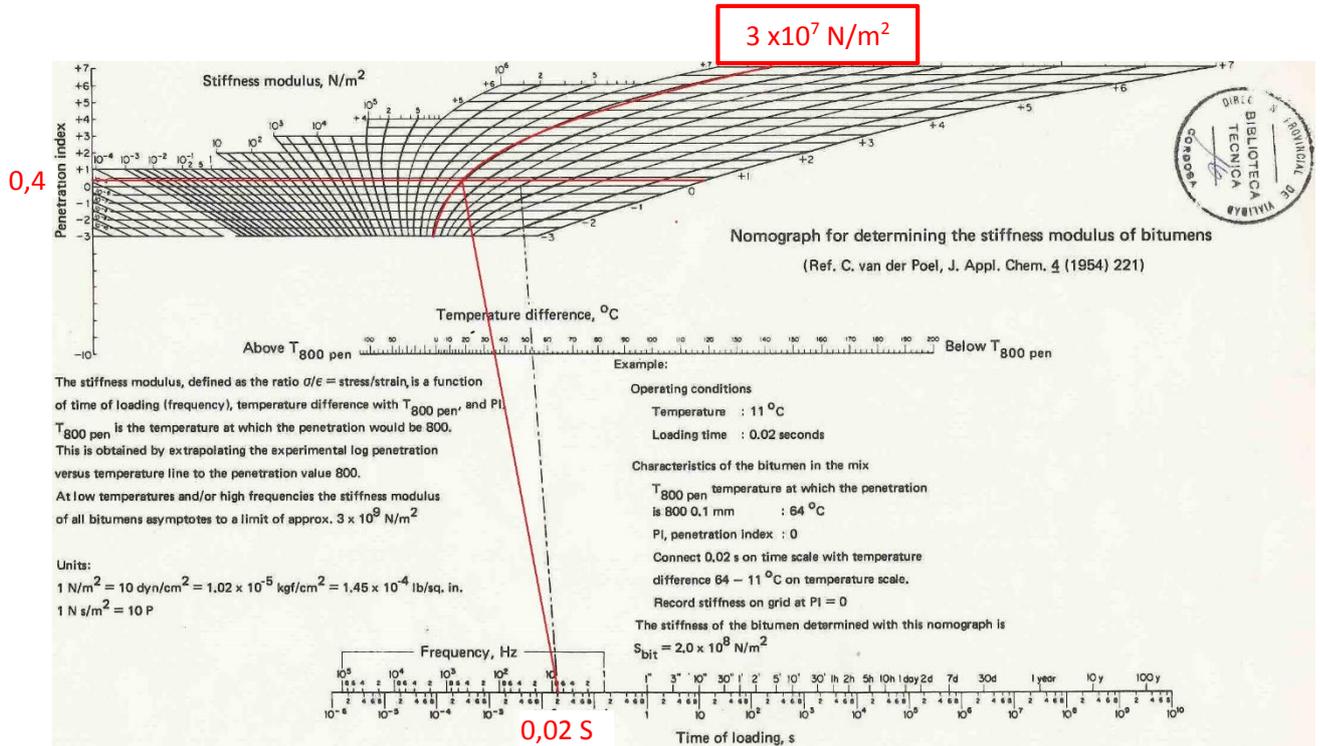
Dirección Nacional de Vialidad. **"VN - E7 - 65: Análisis mecánico de materiales granulares"**.

Dirección Nacional de Vialidad. **"VN - E33 - 67: Ensayo de compresión de probetas compactadas de suelo-cal y suelo-cemento"**.

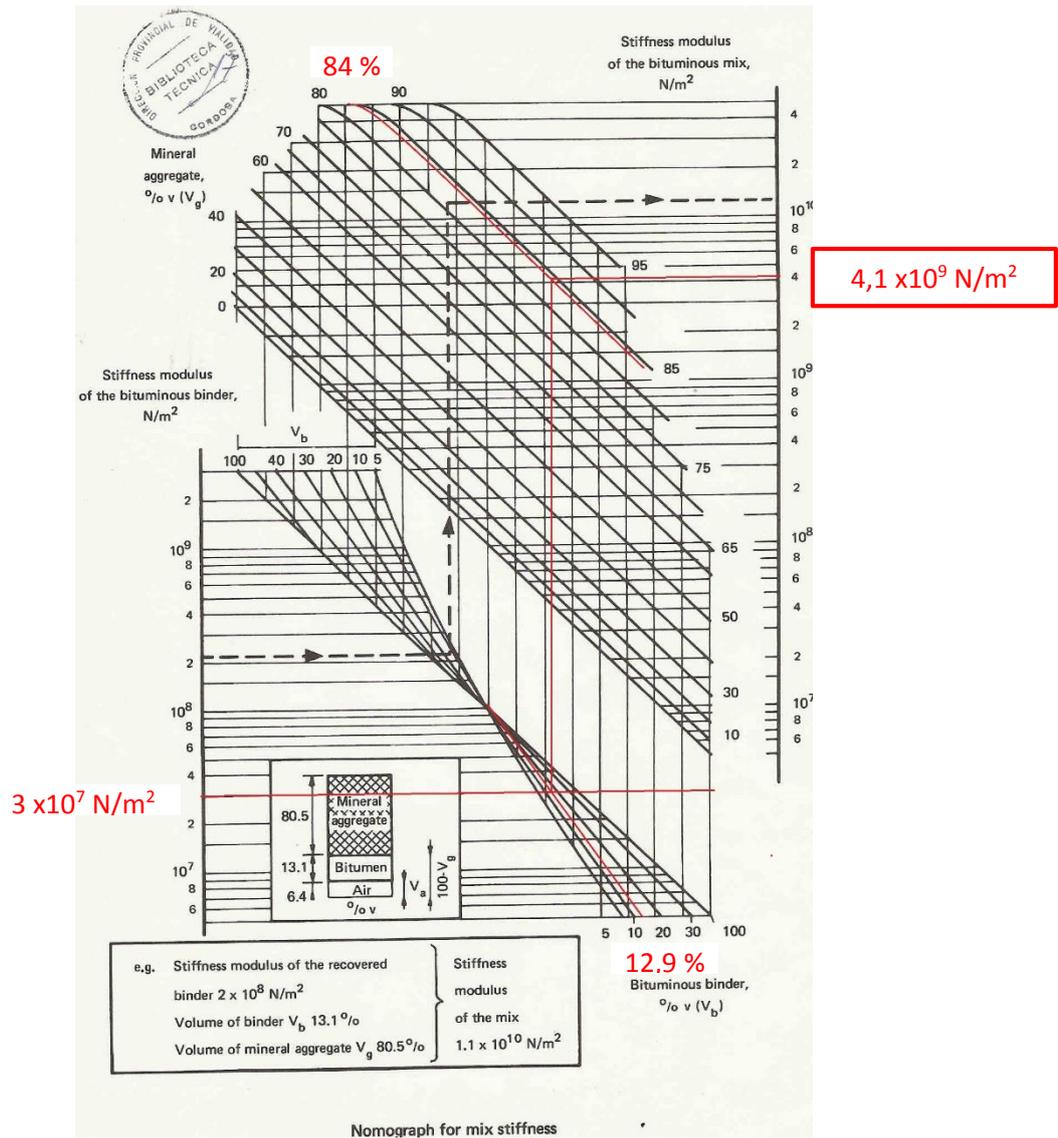
IRAM. **"Norma 1536 - Consistencia del Hormigón"**.

IRAM. **"Norma 1541 - Hormigón Fresco"**.

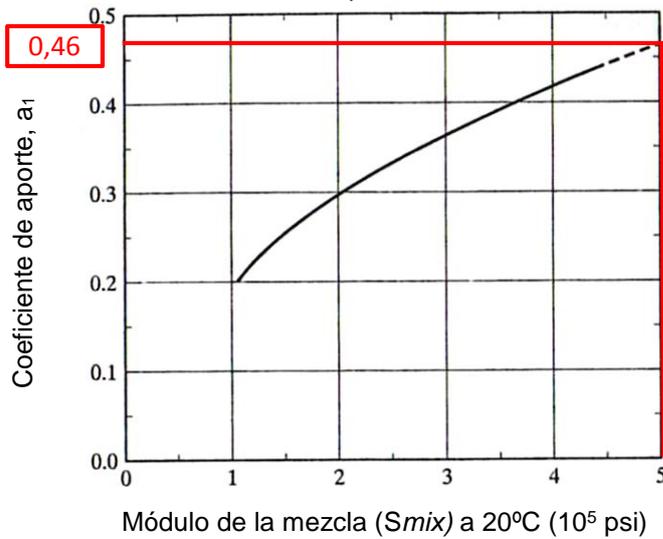
Anexo Nº 1: Verificación estructura de la banquetina



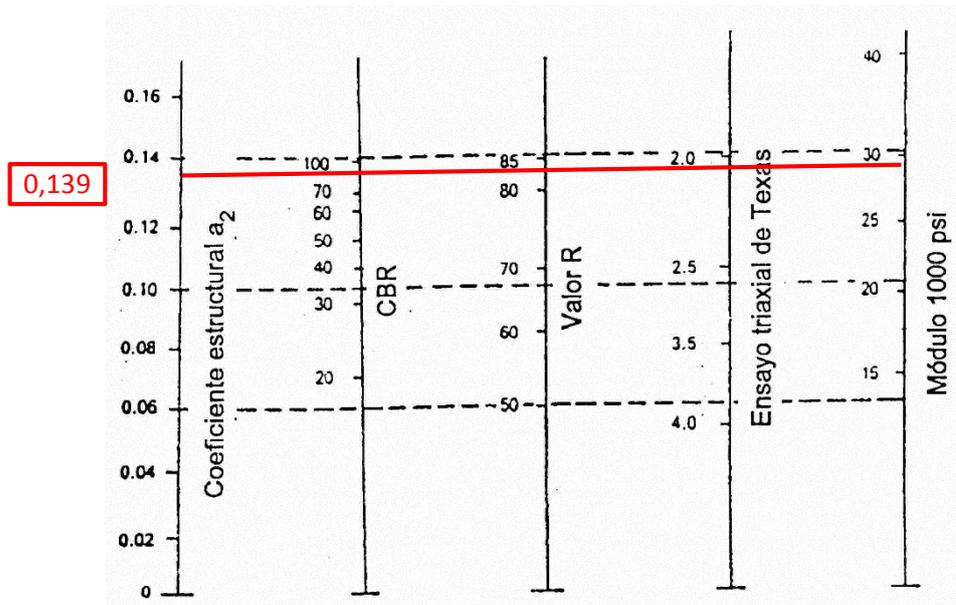
Ábaco A1. 1: Abaco de C. Van del Poel.



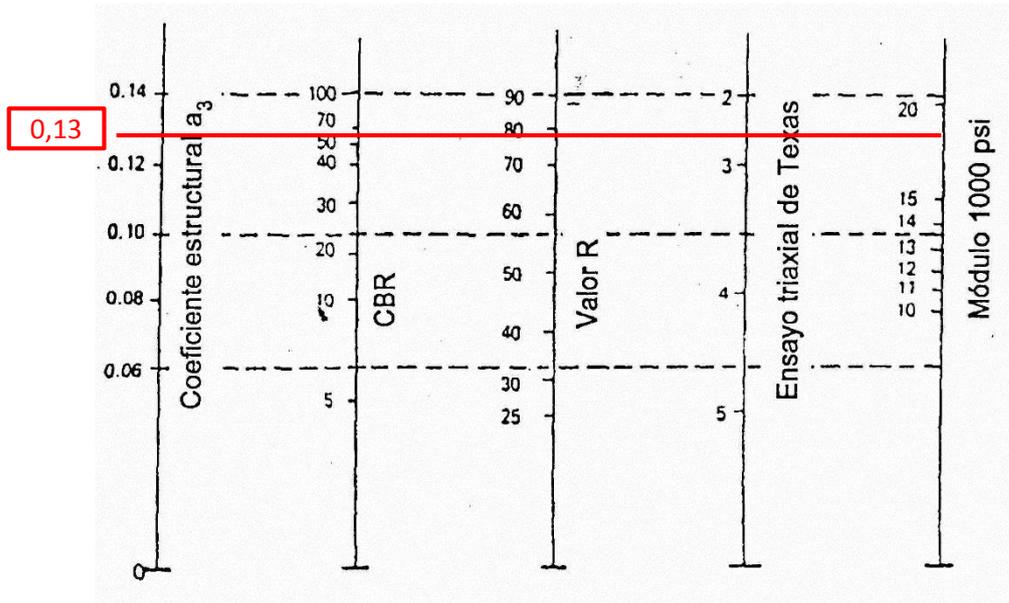
Ábaco A1. 2: Ábaco para determinar el S_{mix} .



Ábaco A1. 3: Ábaco para determinar el coeficiente a_1



Ábaco A1. 4: Ábaco para determinar el coeficiente a_2 de la base granular.



Ábaco A1. 5: Ábaco para determinar el coeficiente a_3 de la subbase.