



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA  
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

**INFORME TÉCNICO FINAL**  
**Inspección en Obra Pública Vial:**  
**Barrio La Carolina**

Alumna: Florencia Robledo

Tutor Interno: Oscar Milton Dapás

Tutor Externo: Mauro Tartabini

Ingeniería civil  
2019

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia, por acompañarme y apoyarme en todo momento, por el amor, la confianza y la paciencia en cada instante, por los valores que me han inculcado y por estimularme a que logre mis objetivos.

A mis amigas y amigos, tanto de la facultad como de la vida, por el cariño y la compañía, por los momentos compartidos y el crecimiento mutuo a lo largo de estos años.

Agradezco a la Dirección de Obras Viales y al personal, por permitirme realizar la Práctica Supervisada allí. A mi tutor externo, el Ing. Mauro Tartabini y al Ing. Alejandro Gurí, por transmitir su experiencia y despejar cada una de mis dudas en el desarrollo de la PS. A mi tutor académico, el Ing. Oscar Dapás por la predisposición y consejos a la hora de realizar este informe.

A todos los docentes que tuve a lo largo de la carrera por la formación académica y por incentivarnos a desarrollar un pensamiento crítico.

Por último y fundamental, quiero agradecer a la Universidad Nacional de Córdoba y al pueblo argentino que sostiene a esta institución de pie haciendo posible la Educación Pública, Gratuita y de Calidad, ha sido un honor transitar y poder recibirme de Ingeniera Civil en una de las instituciones más prestigiosas de América Latina.

## **RESUMEN**

El siguiente documento corresponde al Informe Técnico Final desarrollado en el marco de la Práctica Profesional Supervisada de la autora. La misma esta enfocada en el campo de la vialidad urbana, exponiendo en particular a la Inspección en la Obra de Pavimentación del Barrio La Carolina.

En primer lugar, se realiza una introducción que pone en manifiesto los objetivos a satisfacer mediante la Práctica y el contexto en el que se llevo a cabo.

Luego, se explicará la necesidad de los controles de obra ya sean públicos o privados y el rol del inspector como garante administrativo de la obra pública. También, se hará una descripción del proyecto considerando su emplazamiento, problemática y solución planteada.

Seguido a esto, se detallará el proceso constructivo y la tarea de la inspección durante el desarrollo del mismo. Se explicarán los ensayos de laboratorio realizados en la obra y los exigidos por el pliego, como así también otros ensayos llevados a cabo por la alumna en su estadía en el laboratorio de Obras Viales.

Por último, se comentarán las conclusiones generales y personales con respecto a la obra, a la experiencia durante la Práctica Supervisada y la transición universidad-medio.

## ÍNDICE

<b>Agradecimientos</b> .....	<b>2</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>3</b>
<b>INDICE</b> .....	<b>4</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>7</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>11</b>
<b>Capítulo 1: Introducción</b> .....	<b>12</b>
Generalidades.....	13
Objetivos .....	13
Objetivos Generales .....	13
Objetivos Particulares.....	14
Entidad Receptora .....	14
<b>Capítulo 2: Fiscalización de Obra</b> .....	<b>16</b>
Introducción .....	17
Autocontrol .....	17
Control Externo. ....	17
Funciones de la Inspección de Obra.....	17
Rol del Inspector.....	18
<b>Capítulo 3: El Proyecto</b> .....	<b>21</b>
Introducción .....	22
Ubicación .....	22
Descripción General .....	24
Análisis del Proyecto .....	26
Estado Preliminar .....	26
Análisis Planialtimétrico .....	30
Análisis Obras de Desagüe- Cordones Cuneta.....	32
<b>Capítulo 4: Perfil Estructural</b> .....	<b>35</b>
Introducción.....	36
Descripción del Perfil Estructural.....	36
Paquete Flexible .....	36
Paquete Rígido.....	37
Cordón Cuneta .....	39

<b>Capítulo 5: Proceso de Ejecución e Inspección .....</b>	<b>40</b>
Introducción.....	41
Relevamiento, Replanteo y Nivelación .....	41
Limpieza de terreno y Señalización .....	43
Movimiento de suelos.....	45
Preparación de Subrasante.....	48
Preparación de Subbase .....	52
Pavimento de Hormigón Simple .....	55
Ejecución de calzada y cunetas.....	56
Distribución de Hormigón.....	58
Juntas de Dilatación, Contracción y Sellado .....	62
Curado de Hormigón .....	65
Cordones Curvos y Rectos.....	66
Preparación de Base Granular .....	68
Ejecución de Carpeta de Rodamiento .....	70
<b>Capítulo 6: Control de Calidad.....</b>	<b>72</b>
Introducción.....	73
Control en Suelos y Áridos .....	73
Limite Líquido- VN-E2-65.....	74
Limite Plástico-VN-E3-65.....	76
Índice Grupo VN-E4-84 .....	76
Proctor VN-E5-93 .....	77
Control de Compactación por el Método de la Arena-VN-E8-66 .....	84
Valor Soporte California (CBR) VN-E6-84 .....	89
Desgaste Los Ángeles- IRAM 1532 .....	90
Factor de Cubicidad VN-E16-67 .....	91
Equivalente en Arena- VN- E10-82.....	91
Control en Hormigón .....	92
Control de Asentamiento- IRAM 1536 .....	92
Resistencia a Compresión- IRAM 1546 .....	92
Control en Mezcla Asfáltica .....	95

---

Marshall- VN-E9-86 .....	<b>95</b>
Otras experiencias .....	<b>100</b>
Estabilización de Suelo A4 con Cemento y con Cal.....	<b>100</b>
Estudio de Encabezado de Probetas con diferentes materiales .....	<b>103</b>
<b>Capítulo 7: Conclusiones .....</b>	<b>108</b>
Conclusiones específicas del Informe .....	<b>109</b>
Conclusiones referidas a la Práctica Supervisada y al Ejercicio Profesional .....	<b>110</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>112</b>

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1.1 Organigrama Entidad Receptora.....	<b>15</b>
Figura 2.1 Liberación de Responsabilidad en Contrato de Obra. ....	<b>20</b>
Figura 3.1 Localización del Proyecto. ....	<b>22</b>
Figura 3.2 Clasificación de Áreas Homogéneas Ciudad de Córdoba. ....	<b>23</b>
Figura 3.3 Calles a ejecutar Barrio La Carolina.....	<b>25</b>
Figura 3.4 Pavimento existente intersección Santa Teresita y San Cayetano. ....	<b>26</b>
Figura 3.5 Pavimento a ejecutar calle Santa Teresita. ....	<b>27</b>
Figura 3.6 Pavimento a ejecutar calle Luis Güemes. ....	<b>27</b>
Figura 3.7 Pavimento a ejecutar calle Punta del Este esq. San Cayetano. ....	<b>28</b>
Figura 3.8 Pavimento a ejecutar calle Atlántica esq. Calle Pública n°1.....	<b>28</b>
Figura 3.9 Pavimento a ejecutar calle San Cayetano.....	<b>29</b>
Figura 3.10 Pavimento a ejecutar calle Nicolas de Bari esq. Punta del Este.....	<b>29</b>
Figura 3.11 Planimetría de tramo de calle San Cayetano e/ Nicolas de Bari y Punta del Este. .....	<b>30</b>
Figura 3.12 interferencia en tramo de calle San Cayetano e/ Nicolas de Bari y Punta del Este. ....	<b>31</b>
Figura 3.13 Altimetría calle San Cayetano. ....	<b>32</b>
Figura 3.14: Niveles de inundabilidad. ....	<b>33</b>
Figura 3.15: Sentido de Escurrimiento de aguas superficiales. ....	<b>34</b>
Figura 4.1: Perfil tipo Pavimento Flexible .....	<b>37</b>
Figura 4.2: Perfil tipo Pavimento Rígido.....	<b>38</b>
Figura 4.3: Esquema Bocacalle tipo .....	<b>38</b>
Figura 4.4: Detalle Cordón Cuneta tipo unificado .....	<b>39</b>
Figura 5.1: Albañal no relevado en el proyecto .....	<b>41</b>
Figura 5.2: Nivel Óptico .....	<b>42</b>
Figura 5.3: Árbol solicitado a extraer.....	<b>43</b>
Figura 5.4: Cartelería de Señalización. ....	<b>44</b>
Figura 5.5: Cartelería de Señalización. ....	<b>44</b>
Figura 5.6: Cartelería de Señalización. ....	<b>45</b>
Figura 5.7: Operarios colocando estacas para nivelación geométrica.....	<b>46</b>
Figura 5.8: Motoniveladora trabajando .....	<b>46</b>
Figura 5.9: Pala Cargadora trabajando con el Camión Volcador .....	<b>47</b>

Figura 5.10: Aproximación a la subrasante .....	<b>48</b>
Figura 5.11: Ensayo Densidad In Situ.....	<b>49</b>
Figura 5.12. Camión Cisterna regando la superficie .....	<b>50</b>
Figura 5.13. Esquema conceptual, funcionamiento de un rodillo para de cabra. ....	<b>51</b>
Figura 5.14. Compactación con rodillo Pata de Cabra .....	<b>51</b>
Figura 5.15. Relevamiento de Baches. ....	<b>52</b>
Figura 5.16. Descarga de material sobre la subrasante .....	<b>53</b>
Figura 5.17. Compactación con rodillo neumático .....	<b>54</b>
Figura 5.18. Compactación con rodillo neumático .....	<b>54</b>
Figura 5.19. Colocación de moldes. ....	<b>56</b>
Figura 5.20. Colocación de moldes .....	<b>57</b>
Figura 5.21. Control altimétrico del cordón cuneta .....	<b>57</b>
Figura 5.22. Colado de Hormigón en cuneta.....	<b>58</b>
Figura 5.23. Colado de Hormigón en badén .....	<b>59</b>
Figura 5.24. Vibrado del hormigón en bocacalle con vibrador monofásico de tipo aguja .	<b>59</b>
Figura 5.25. Terminación Superficial de bocacalle con fratás .....	<b>60</b>
Figura 5.26. Terminación Superficial de cordón cuneta con fratás .....	<b>60</b>
Figura 5.27. Terminación Superficial de cordón cuneta con cinta alisadora .....	<b>61</b>
Figura 5.28. Ensayo Cono de Abrams .....	<b>61</b>
Figura 5.29. Diagrama de Fisuración. ....	<b>62</b>
Figura 5.30. Junta de Dilatación .....	<b>62</b>
Figura 5.31. Aserrado de Cuneta .....	<b>63</b>
Figura 5.32. Aserrado en bocacalle .....	<b>63</b>
Figura 5.33. Aserrado en bocacalle. ....	<b>63</b>
Figura 5.34. Ventana de Corte. ....	<b>64</b>
Figura 5.35. Sellado de juntas en bocacalle .....	<b>64</b>
Figura 5.36. Colocación de membrana plástica previa al colado. ....	<b>65</b>
Figura 5.37. Protección de bocacalle hormigonada.....	<b>66</b>
Figura 5.38. Cordón en tramo curvo. ....	<b>66</b>
Figura 5.39. Cordón en tramo recto .....	<b>67</b>
Figura 5.40. Cordón en tramo recto. ....	<b>67</b>
Figura 5.41. Alineación de cordones en tramos rectos .....	<b>68</b>
Figura 5.42. Distribución de 0-20 sobre subbase .....	<b>69</b>

Figura 5.43. Distribución de 0-20 sobre subbase .....	<b>69</b>
Figura 6.1: Determinación del Limite Liquido .....	<b>75</b>
Figura 6.2: Aparato de casagrande. ....	<b>75</b>
Figura 6.3: Preparación de la muestra .....	<b>79</b>
Figura 6.4: Suelo humectado en busca de la humedad óptima .....	<b>79</b>
Figura 6.5: Compactado de la probeta. ....	<b>80</b>
Figura 6.6: Enrasado de la probeta .....	<b>80</b>
Figura 6.7: Resultado de la Subrasante .....	<b>81</b>
Figura 6.8: Resultado de la Subrasante .....	<b>82</b>
Figura 6.9: Resultado de la Subbase.....	<b>83</b>
Figura 6.10: Equipo para el Ensayo de Cono de Arena. ....	<b>84</b>
Figura 6.11: Ejecución del Ensayo de Cono de Arena .....	<b>85</b>
Figura 6.12: Resultado de la Subrasante .....	<b>86</b>
Figura 6.13: Resultado de la Subrasante .....	<b>86</b>
Figura 6.14: Resultado de la Subrasante .....	<b>87</b>
Figura 6.15: Resultado de la Subrasante y Subbase .....	<b>87</b>
Figura 6.16: Resultado de la Subbase .....	<b>88</b>
Figura 6.17: Resultado de la Subrasante .....	<b>88</b>
Figura 6.18: Resultado de la Subrasante .....	<b>89</b>
Figura 6.19: Maquina “Los Ángeles” .....	<b>90</b>
Figura 6.20: Medición de Asentamiento. ....	<b>92</b>
Figura 6.21: Encabezamiento de Probetas Moldeadas al pie de Obra .....	<b>93</b>
Figura 6.22: Cámara de Curado Obra .....	<b>93</b>
Figura 6.23: Ensayo a Compresión .....	<b>94</b>
Figura 6.24: Extracción de testigos .....	<b>94</b>
Figura 6.25: Testigos extraídos luego de 7 días. ....	<b>95</b>
Figura 6.26: Planta de asfalto donde se extrajeron muestras. ....	<b>96</b>
Figura 6.27: Muestra Extraída. ....	<b>97</b>

Figura 6.28: Preparación de Probetas .....	<b>97</b>
Figura 6.29: Probetas y excedente de Mezcla Asfáltica .....	<b>98</b>
Figura 6.30: Cuarteo de la muestra .....	<b>98</b>
Figura 6.31: Obtención de Densidad Rice con Kitasato .....	<b>99</b>
Figura 6.32: Equipo usado para medir la Estabilidad. ....	<b>99</b>
Figura 6.33: Preparación de la muestra de suelo cemento .....	<b>100</b>
Figura 6.34: Preparación de la probeta de suelo cal .....	<b>101</b>
Figura 6.35: Preparación de las probetas .....	<b>101</b>
Figura 6.36: Preparación de las probetas .....	<b>102</b>
Figura 6.37: Rotura de la probeta .....	<b>102</b>
Figura 6.38: Encabezado de Mortero de Azufre.....	<b>103</b>
Figura 6.39: Ensayo a Compresión con encabezado de Mortero de Azufre.....	<b>104</b>
Figura 6.40: Preparación del encabezado.....	<b>104</b>
Figura 6.41: Encabezado de Yeso de Alta Resistencia.....	<b>105</b>
Figura 6.42: Ensayo a Compresión con encabezado de yeso.....	<b>105</b>
Figura 6.43: Placas de Neopreno.....	<b>106</b>
Figura 6.44: Ensayo a Compresión con encabezado de Neopreno.....	<b>106</b>



## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 5.1 Ensayo Proctor en Subrasante.....	<b>49</b>
Tabla 5.2 Ensayo Proctor en Sub base.....	<b>53</b>
Tabla 6.1 Ensayos a realizar según capa. ....	<b>73</b>
Tabla 6.2 Clasificación de suelos con subgrupos .....	<b>77</b>
Tabla 6.3 Metodología del Ensayo Proctor según el suelo.....	<b>78</b>
Tabla 6.4 Valores exigidos de densidad- CBR.....	<b>89</b>
Tabla 6.5 Valores típicos de Desgaste Los Ángeles. ....	<b>91</b>



## ***CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN***

## **1.1 GENERALIDADES**

El presente Informe Técnico Final aborda y describe las tareas realizadas por la autora en el marco de la cátedra de Práctica Supervisada, a fines de culminar con los requisitos académicos y acceder al título de Ingeniera Civil.

La Práctica Supervisada fue realizada en la Dirección de Obras Viales de la Municipalidad de Córdoba dentro del departamento de Inspección. En dicha división se realizó la inspección de diversas obras ejecutadas por licitación pública y en particular la obra de pavimentación del Barrio La Carolina. Los tutores designados para el seguimiento y ejecución de la misma fueron el Ing. Oscar Dapás por parte de la Universidad Nacional de Córdoba y los Ingenieros Mauro Tartabini y Alejandro Gurí por parte de la entidad receptora.

Las actividades realizadas abarcaron tareas de laboratorio e inspección técnica para determinar el cumplimiento de las exigencias del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares. Se desarrollaron en un periodo de 200hs en el curso de los meses de Junio, Julio y Agosto; las mismas implicaron:

- Relevamiento de umbrales e interferencias.
- Adaptar y ajustar el proyecto a las condiciones del asentamiento.
- Comprobar que se cumplan las medidas de seguridad en cuanto al acceso y señalización en la zona de obra.
- Verificar y exigir que los distintos ítems de obra se realicen correctamente y en los plazos estipulados.
- Someter al material a los ensayos de calidad correspondientes.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVOS GENERALES**

Conforme se establece en el Régimen General de Práctica Supervisada dictado por el Honorable Consejo Directivo, los objetivos que se pretenden alcanzar son:

- Completar la formación académica.
- Contacto de la estudiante con instituciones, empresas públicas o privadas o profesionales que se desempeñen en el ámbito de los estudios de la disciplina que realizan.
- Aplicación, profundización e integración de los conceptos adquiridos durante el cursado de la carrera de Ingeniería Civil.

- Experiencia práctica complementaria para la inserción en el ejercicio de la profesión.
- Aplicación de métodos y códigos propios de la organización laboral.
- Contacto y experiencias con la aplicación y/o utilización de nuevas tecnologías.
- Orientación del alumno respecto a su futuro ejercicio profesional.
- Vinculación Universidad-Medio.
- Redactar informes técnicos convenientemente fundamentados acerca de la práctica propuesta y los resultados de su realización.

### **1.2.2 OBJETIVOS PARTICULARES**

Conforme se establece en el Régimen General de Practica Supervisada dictado por el Honorable Consejo Directivo, los objetivos que se pretenden alcanzar son:

- Analizar e interpretar los alcances de un control de calidad de una obra vial.
- Comprender la implicancia y rigurosidad de los ensayos de laboratorio.
- Comprender las exigencias legales y técnicas del cumplimiento del pliego licitatorio de una pavimentación urbana.
- Crear criterio para el desenvolvimiento en la inspección de obra, con las etapas administrativas que esto requiere.
- Analizar los resultados y extraer conclusiones.
- Desenvolverse en el ámbito de Obra Pública.

### **1.3 ENTIDAD RECEPTORA**

El convenio de la Práctica Profesional Supervisada fue celebrado entre la Universidad Nacional de Córdoba y la Secretaria de Planeamiento e Infraestructura de la Municipalidad de Córdoba. Esta es la encargada del estudio, proyección, mantenimiento, preservación y el relevamiento de obras que involucran a barrios de todo el Ejido Municipal, coordinando las tareas con las direcciones de Obras Viales, Redes Sanitarias y Gas, Alumbrado Público y Arquitectura.

En este trabajo se describen las tareas realizadas en la dependencia de la Dirección de Obras Viales, la cual es responsable de la conservación, el mejoramiento y del desarrollo e implementación de nuevos proyectos viales además y su mantenimiento. Esta dirección se encuentra conformada por diferentes áreas: Administración, Control y Gestión; Conservación Vial e Ingeniería. A su vez, dentro del departamento de Ingeniería se encuentran: Estudio de Proyectos, Inspección de Obras y Mantenimiento de Calles.

A continuación, se presenta el organigrama donde se explica la configuración anteriormente descrita y se resalta el lugar donde se desempeñaron las actividades.

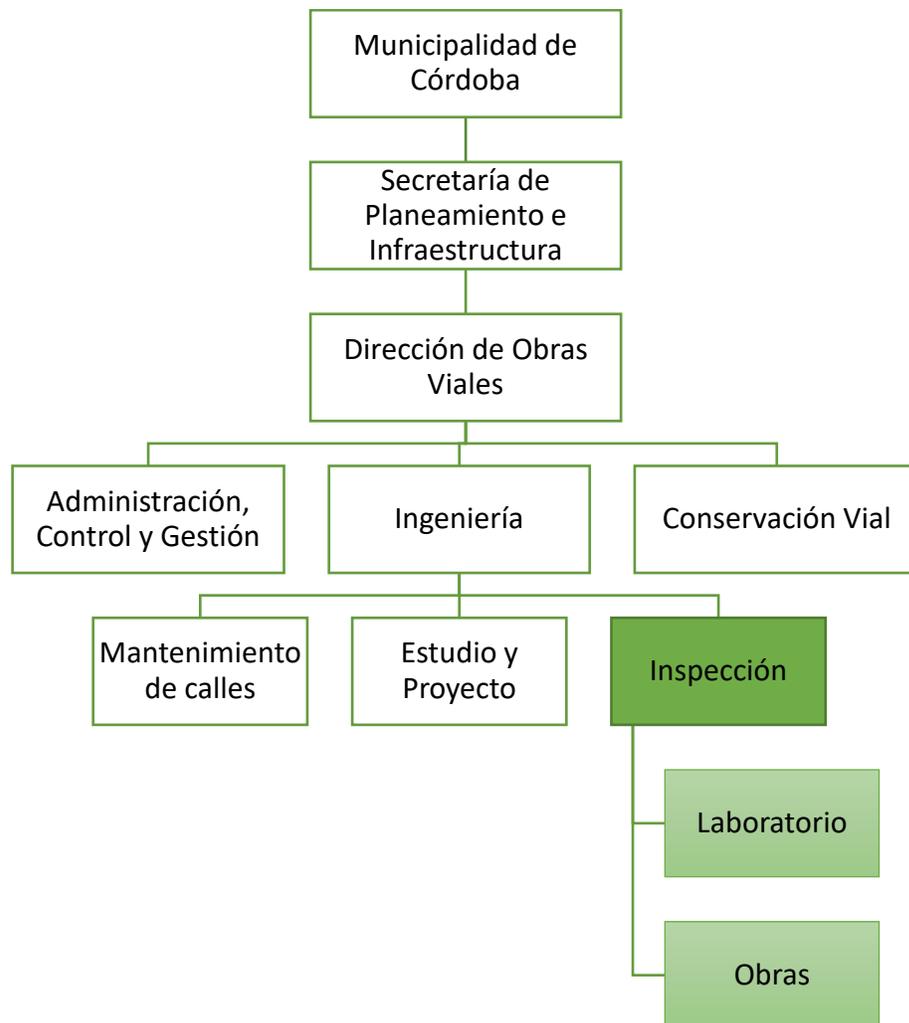


Figura 1.1: Organigrama Entidad Receptora. – Fuente: Elaboración propia.

## ***CAPÍTULO 2: FISCALIZACIÓN DE OBRA***

## **2.1 INTRODUCCIÓN**

Dentro del marco de la Obra Pública la fiscalización es un proceso administrativo, realizado con el fin de garantizar la ejecución de forma correcta y de acuerdo a los plazos estipulados en el proyecto. Existen dos tipos de fiscalización:

- Autocontrol o Control Interno: realizado por la empresa adjudicada.
- Control Externo: realizado por un ente Estatal, representado por un profesional colegiado denominado “inspector”.

## **2.2 AUTOCONTROL**

Un modelo de autocontrol está compuesto por cuatro pasos fundamentales: Presupuestación y programación; Organización; Ejecución; y Control de costos. Los principales rubros a controlar son los Materiales, la Mano de Obra y la Maquinaria. Estos se realizan en virtud de brindar:

- Presupuestos acertados, conociendo el costo real de cada obra por rubro y el costo proyectado.
- Optimizar la gestión de compras y stocks de materiales.
- Estimar correctamente plazos de ejecución de actividades y proyectos.
- Integrar recursos, coordinación y comunicación.
- Mejorar la eficiencia de la mano de obra.
- Facilitar el diagnóstico y la ejecución de acciones correctivas a tiempo.

De esta forma, se evidencia que su análisis repercute en áreas como Dirección Técnica, Compras, Producción, Administración y Contabilidad, Recursos Humanos y Control de Gestión. Siendo su principal objetivo la comparación entre lo previsto y lo real, ajustando las previsiones y cuidando los intereses del contratista.

## **2.3 CONTROL EXTERNO**

Este se realiza con el fin de hacer respetar el pliego de condiciones, plazos, calidad de los materiales, leyes y reglamentos relativos al trabajo, seguridad e higiene, etc. La forma de llevar a cabo este ejercicio de control es por medio de la inspección, quien vela por los intereses del comitente y del bien público.

### **2.3.1 Funciones de la Inspección de Obra**

La modalidad de la inspección de obra se lleva a cabo mediante visitas periódicas a la obra a fin de controlar los aspectos que correspondan y cumplir las siguientes funciones:

- **Función Técnica:** se refiere al cumplimiento de pliegos y técnicas constructivas. Las tareas involucradas en esta requieren:
  - Interpretación de los planos y capacidad de decisión ante una posible modificación del proyecto, solicitando autorización e informando al contratista los cambios.
  - Potestad de suspender la obra total o parcialmente ante la falta de recursos.
  - Solicitud de ensayos de Laboratorio o control de calidad.
  - Realizar el computo métrico mensualmente.
- **Función Económica- Administrativa- Legal:** Considera los costos de obra e interpreta los aspectos del contrato que involucran la elaboración, tramitación y revisión de la documentación pertinente.
- **Función Informativa:** Elabora la documentación necesaria, periódica o eventual, del progreso y calidad de la obra en un periodo evaluado. Permite entablar un nexo entre los entes públicos y privados.
- **Función de Coordinación:** comprende la organización y regularización de las actividades de obra.
- **Función de Control y Evaluación del Proceso:** consiste en un estudio crítico del plan de avance. Implica colaborar con el contratista para mantener al día la información requerida por los órganos de Dirección.
- **Función Social:** Busca el equilibrio entre el medioambiente y la ejecución de obra, controlando los impactos y creando conciencia de ellos. A su vez, vela por el bienestar de la comunidad, considerando el cuidado de los servicios públicos y las normas de higiene y seguridad.

### **2.3.2 Rol del Inspector**

El inspector es la figura designada por la Administración pública para ejercer control y fiscalizar los trabajos pautados. La participación de la inspección en el desarrollo de una obra tendrá inicio en el momento que se labran las actas de pedido de la siguiente documentación:

- Libro de Ordenes de Servicio
- notas de Pedido
- Acta de Replanteo
- Asignación de un inspector

Entre las responsabilidades del mismo establecidas en el pliego de especificaciones particulares se encuentran:

- Control y Aprobación del plan de trabajos e inversiones que presente la empresa contratista. En la que se detalla el porcentaje de avance mensual, su acumulado y las inversiones estipuladas para los mismos.

Es tarea de la inspección, realizar las correcciones pertinentes de la curva de obra propuesta y ajustarla en función de las necesidades de la municipalidad considerando la disposición de recursos.

Además, se debe interpretar las curvas teóricas y reales presentadas por la empresa mensualmente en donde evidencien los avances de las tareas. Para lograr un correcto desarrollo de la obra lo óptimo sería que la curva real sea lo más parecida posible a la teórica o que tenga valores por encima de ella.

- Elaborar mensualmente la certificación y verificación de cumplimiento de contrato.

Por otra parte, el contratista deberá asignar un representante técnico o director técnico de la obra quien deberá hacerse presente en la obra. Dentro de los 30 días de la fecha de replanteo, este deberá:

- Registrar la Obra en el Colegio de Ingenieros Civiles de la Provincia de Córdoba.
- Denunciar en el Ministerio de Trabajo las actividades a realizar, definiendo las medidas de cuidado del medio ambiente y plan de higiene y Seguridad.
- Presentar un certificado de afiliación a la ART, con la delegación del riesgo a favor de la Municipalidad de Córdoba.

En el transcurso de la obra y en el contexto de la Licitación y Obra Pública, se establecen distintas formas de comunicación desde el punto de vista administrativo por medio de Ordenes de Servicio y Notas de Pedido.

En cuanto las recepciones de obra, estas se ajustarán al Decreto N° 1665 d-57. Dentro del que se establece:

- Recepción provisoria: última operación a realizar durante el plazo de ejecución. La inspección deberá aprobar todas las mediciones y ensayos necesarios e imprescindibles a los efectos de efectuar la recepción provisoria.
- Plazo de Garantía: se establece 1 año a partir de la recepción provisoria, el contratista será responsable de la conservación de las obras y de las reparaciones requeridas por defectos provenientes de la mala calidad o ejecución deficiente de los trabajos.

Igualmente está obligado a la conservación y reparación de la obra cuando las causas sean producto de dichos vicios, siendo el monto de estos trabajos reconocidos por La Municipalidad.

- **Recepción Definitiva:** Vencido el termino de garantía de la obra el contratista tendrá derecho de solicitar la recepción definitiva de la misma, siempre que se compruebe la buena calidad de los materiales, la buena ejecución de los trabajos y el estado de la obra lo justifique.

En la Figura 2.1 se puede observar la cronología de la recepción de obra y las responsabilidades referidas a cada una de ellas.

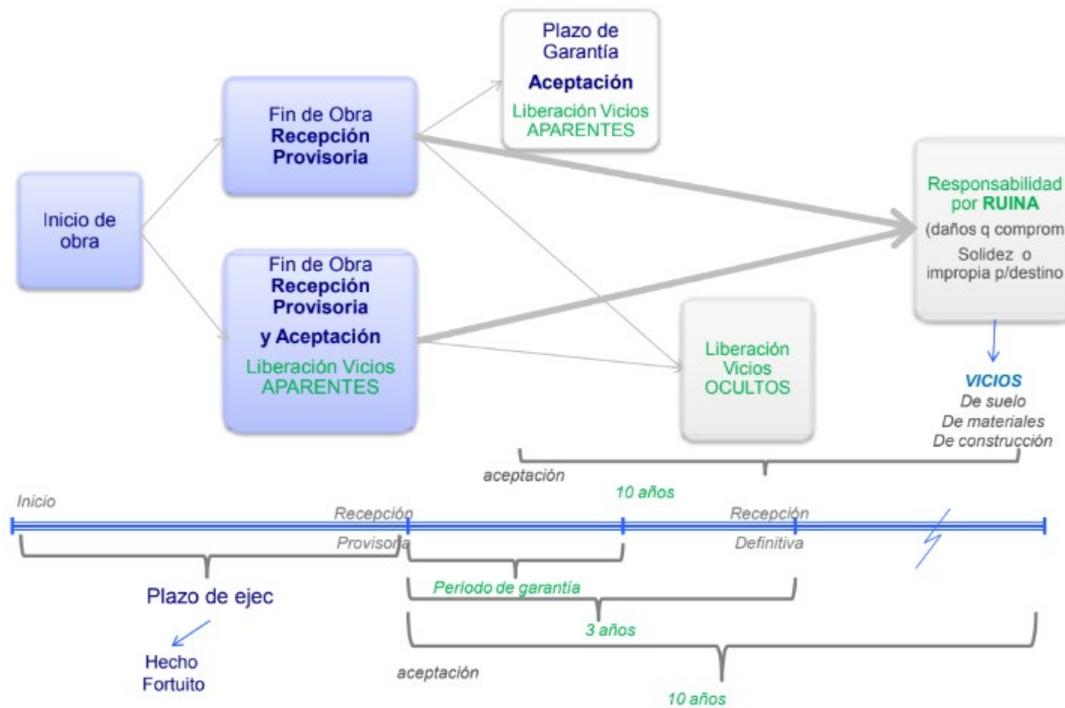


Figura 2.1: Liberación de Responsabilidad en Contrato de Obra. – Fuente: Cátedra de Legislación y Ética Profesional

Es muy importante que se establezca una relación armónica entre la inspección y dirección técnica. De modo tal, que ambos asuman sus respectivas responsabilidades en beneficio de la obra pública.

## **CAPÍTULO 3: EL PROYECTO**



ocupación del suelo, estos a su vez serán representativos de diferentes niveles sociales, económicos y culturales como:

- Área Central:
- Área Peri-central: producida por la primera expansión de la ciudad a fines del siglo XIX, se caracteriza por los barrios tradicionales.
- Área Intermedia: determinada por un conjunto de asentamientos barriales que han sido resultado de la expansión urbana desarrollada a partir de la década del 50.
- Periferia: zona externa a la Circunvalación en la que se identifican diferentes situaciones en relación al resto del asentamiento. Son espacios que completan el territorio del ejido municipal y que alojan usos productivos, rurales, industriales, reservas naturales y militares, campus universitarios, barrios residenciales, etc.

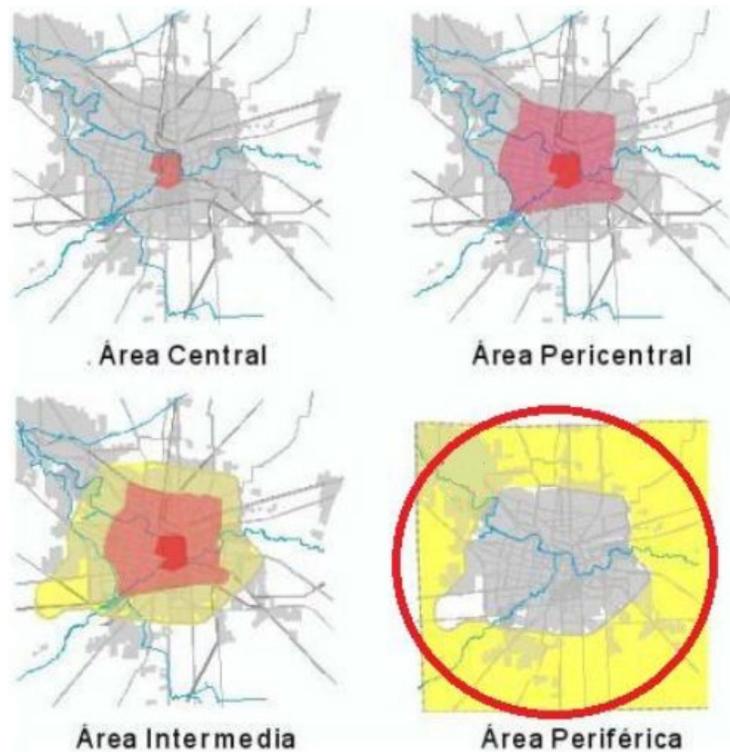


Figura 3.2: Clasificación de Áreas Homogéneas Ciudad de Córdoba. – Fuente: Cátedra de Planeamiento y Urbanismo- FCEFyN, UNC.

La Carolina es un barrio residencial de grandes terrenos y baja densidad poblacional. Históricamente, este había sido una zona de descanso con casas de fin de semana con un trayecto despoblado, pero ante el crecimiento exponencial de la población esta área se consolidó mutando a lo que es hoy. Al encontrarse en la periferia carece de la disponibilidad de servicios y equipamientos suficientes.

### 3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL

El proyecto comprende la pavimentación de más de 1720 metros lineales de diversas calles del barrio, fue realizado por la Municipalidad de Córdoba y fue licitado en Julio de 2018.

- Presupuesto oficial: \$21.819.007.
- Plazo de ejecución: 180 días.
- Procedimiento de contratación: Licitación Pública
- Adjudicado: David Sestopal S.A.

- Sistema de contratación por “unidad de medida”.

El valor del contrato se establece sobre la base del Cómputo Métrico Oficial, a los precios unitarios propuestos por el adjudicatario, de los ítems que intervengan en la obra.

El valor neto total y definitivo de la obra se establece determinando el cómputo métrico exacto por medición de lo hecho y aplicando los precios unitarios correspondientes.

Según se establece en el Pliego de Especificaciones Particulares de la obra en cuestión, las cotas del diseño existente deben respetarse fielmente, salvo que al replantearse la obra se observara por parte del Contratista y de la Inspección una solución más conveniente para asegurar el escurrimiento de aguas.

Se trata de una obra de **primera categoría**. Esta consiste en la nivelación planialtimétrica del terreno sobre el cual se apoyará la estructura de pavimento de sistema constructivo mixto. Las calles a pavimentar son:

- **CALLE SANTA TERESITA.** e/ pavimento existente y final.
- **CALLE LUIS GÜEMES.** e/ San Cayetano y Nicolas de Bari. e/ Nicolas de Bari y La Carolina.
- **CALLE PUNTA DEL ESTE.** e/ San Cayetano y Nicolas de Bari. e/ Nicolas de Bari y La Carolina.
- **CALLE ATLANTICA.** e/ Nicolas de Bari y La Carolina.
- **CALLE SAN CAYETANO.** e/ calle pública n°1 y Punta del Este. e/ Punta del Este y Luis Güemes. e/ Luis Güemes y San Judas Tadeo.
- **CALLE NICOLAS DE BARI.** e/ calle pública n°1 y Atlántica. e/ Atlántica y Punta del Este. e/ Punta del Este y Luis Güemes. e/ Luis Güemes y San Judas Tadeo.

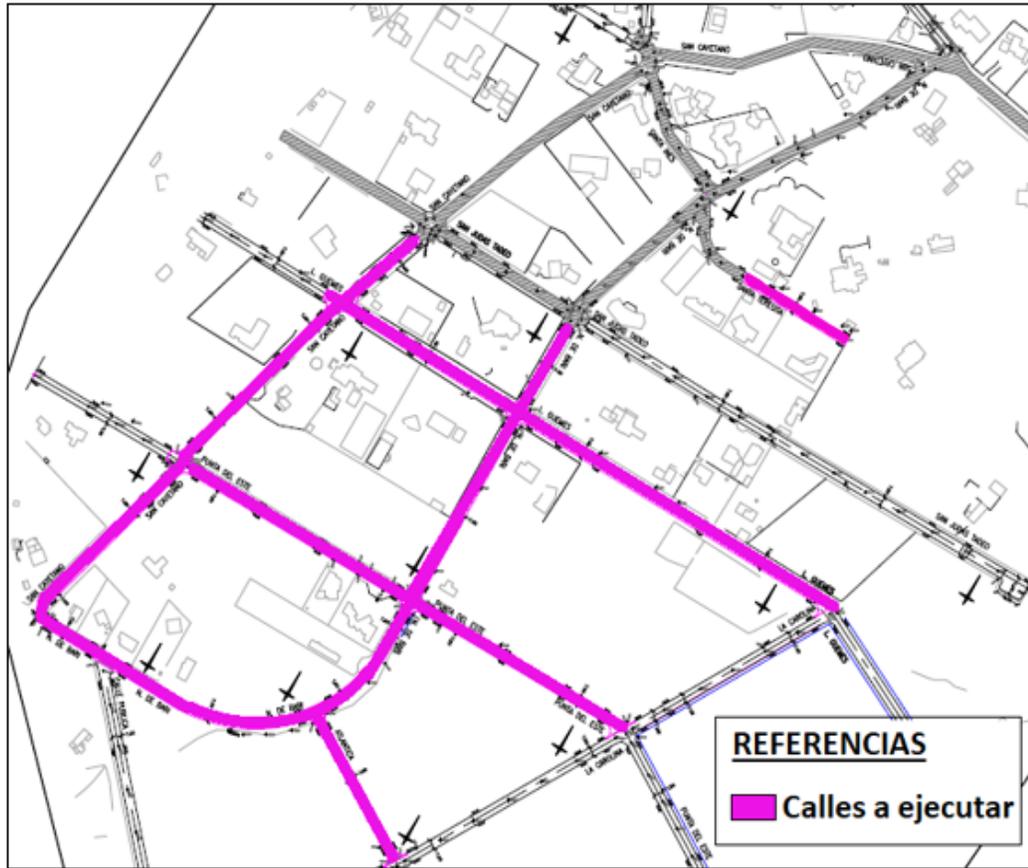


Figura 3.3: Calles a ejecutar Barrio La Carolina. – Fuente: Municipalidad de Córdoba

Los trabajos que se ejecutan en virtud del contrato, son los siguientes:

- 1) Nivelación completa de la traza con el objeto de abalizar los vértices y puntos de la traza y la colocación de mojoneros como puntos fijos para la ejecución de la obra.
- 2) Ejecución de sondeos a lo largo de la obra con el objeto de precisar la posición de la infraestructura existente y que pueda ser afectada por la obra.
- 3) Rotura extracción y traslado del material que fuera necesario.
- 4) El movimiento de suelo que fuera necesario para llegar a cota de apoyo del paquete estructural proyectado.
- 5) El desmantelamiento, extracción y/o traslado de todo elemento que obstaculice la ejecución de la obra (árboles, postes de H° o madera con sus respectivos sostenes, alambrados, cercos, verjas, veredas, etc.) y su posterior reposición.

- 6) Los trabajos necesarios para el mantenimiento y reposición de cañería de agua, gas, cloaca, alumbrado público, semáforos, teléfonos, etc. Que puedan encontrarse en la calle y que afecten la realización de la obra, o que fueran afectadas por ella.
- 7) Reposición de pavimento de Hormigón, carpeta asfáltica, base granular y sub-base suelo arena.
- 8) La conservación de las obras durante su ejecución y durante el plazo de garantía.
- 9) Todos los trabajos necesarios para la completa y correcta terminación de las obras a ejecutar, en correspondencia a los fines a que aquellas estén destinadas.

### 3.4 ANÁLISIS DEL PROYECTO

#### 3.4.1 ESTADO PRELIMINAR

La zona donde toma lugar la obra presenta un mediano grado de urbanización y se puede apreciar la presencia de pavimento existente en las cuadras principales que dan acceso al barrio y las calles que vinculan a este con el barrio Las Delicias.



Figura 3.4: Pavimento existente intersección Santa Teresita y San Cayetano. – Fuente: Google Street.

Las siguientes imágenes fueron obtenidas por Google Street y muestran el estado de las calles a pavimentar previo al comienzo de la obra.

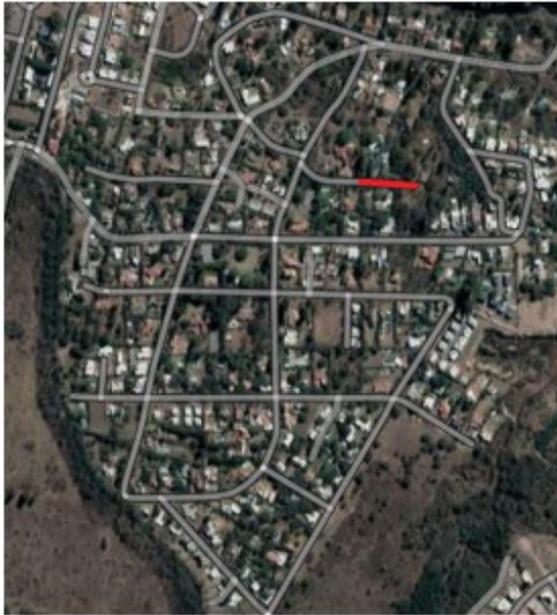


Figura 3.5: Pavimento a ejecutar calle Santa Teresita. – Fuente: Google Street.

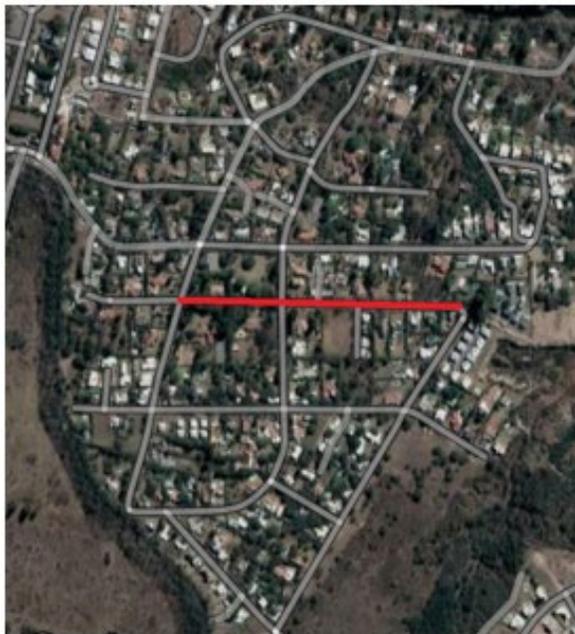


Figura 3.6: Pavimento a ejecutar calle Luis Güemes. – Fuente: Google Street.

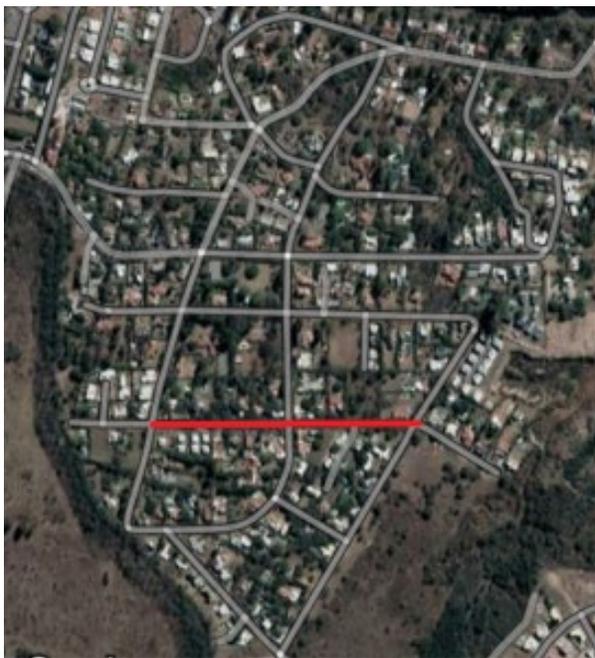


Figura 3.7: Pavimento a ejecutar calle Punta del Este esq. San Cayetano. – Fuente: Google Street

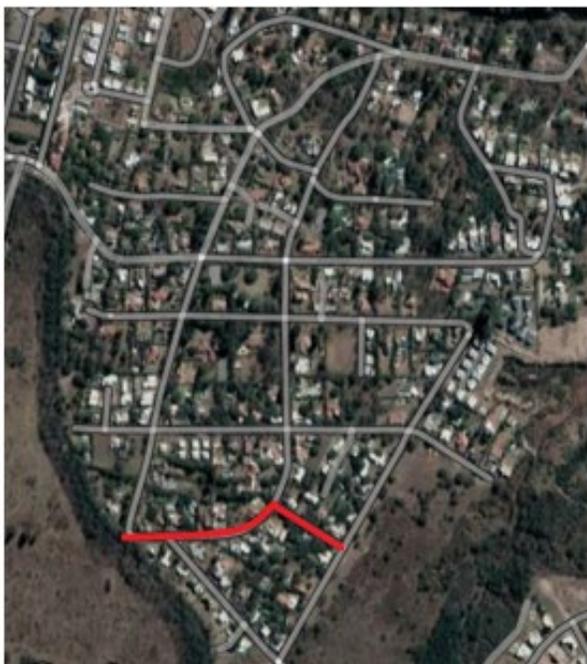


Figura 3.8: Pavimento a ejecutar calle Atlántica esq. Calle Pública n°1. – Fuente: Google Street

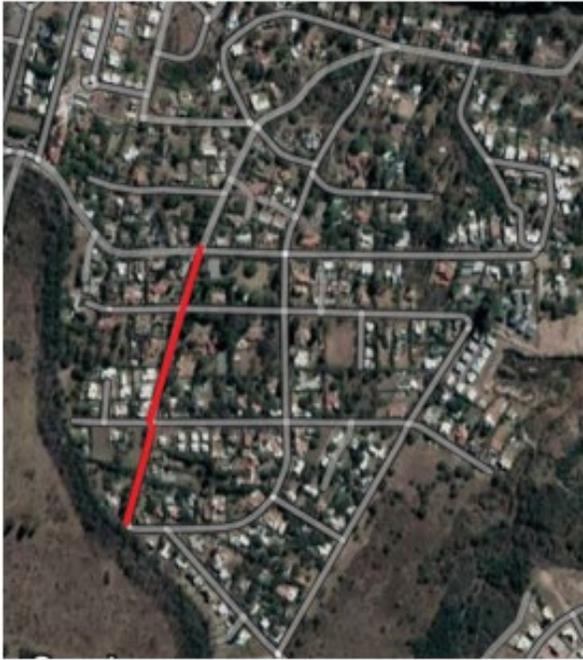


Figura 3.9: Pavimento a ejecutar calle San Cayetano. – Fuente: Google Street

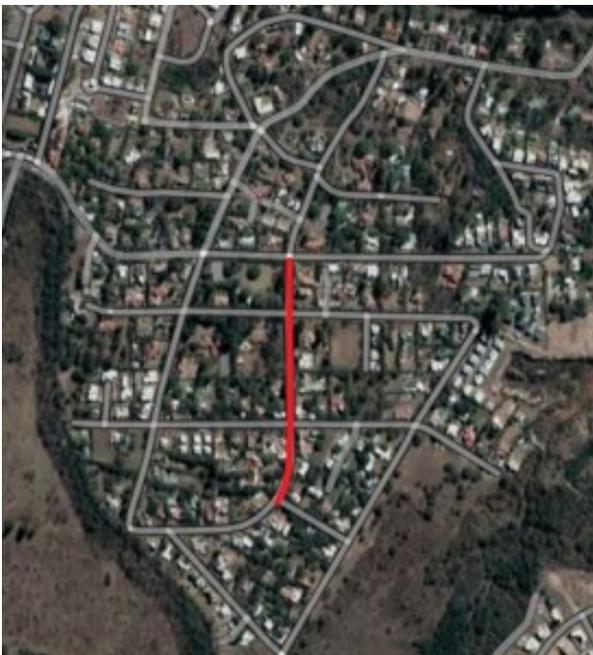


Figura 3.10: Pavimento a ejecutar calle Nicolas de Bari esq. Punta del Este. – Fuente: Google Street

Como se muestra en las imágenes, las calles son de terreno natural sin dimensiones hegemónicas, en cuanto a calzada y veredas, y sin mantenimiento. A su vez, al no tener un sistema de drenaje determinado, ante determinados eventos hidrológicos se produce arrastre de material deteriorando el estado de las calzadas. Estas características perjudican tanto la accesibilidad como la seguridad de los vehículos y peatones que circulen por allí.

### 3.4.2 ANÁLISIS PLANIALTIMÉTRICO

Dado que La Carolina es un barrio semi consolidado, con calles definidas por los parcelarios, el diseño planimétrico del proyecto se debió ajustar a los condicionantes y dimensiones existentes. Es decir, se ubicaron los respectivos ejes de las calles del proyecto en función de las líneas municipales considerando el código de edificación de la Ciudad de Córdoba y la ordenanza 8060/85 en la Sección: Perfiles Tipo de Vías "Locales".

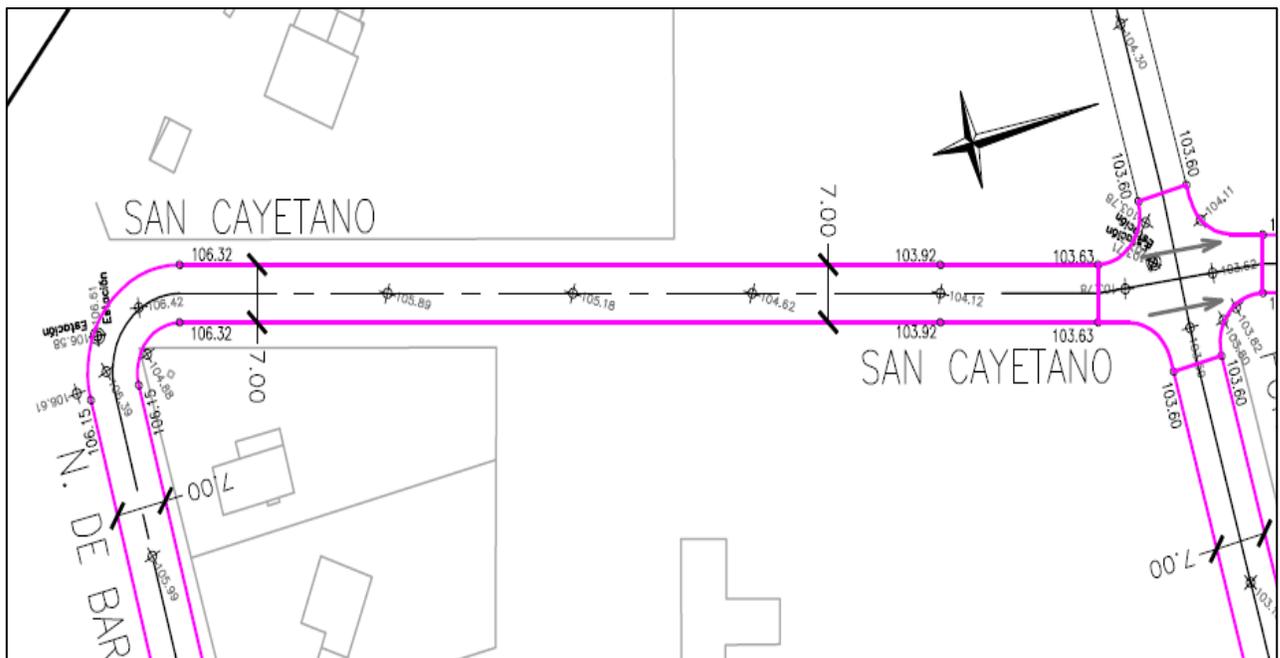


Figura 3.11: Planimetría de tramo de calle San Cayetano e/ Nicolas de Bari y Punta del Este. –  
Fuente: Municipalidad de Córdoba

Por otro lado, se tuvo en cuenta aquellas interferencias como postes de madera, columnas de hormigón y árboles que pudieran obstruir el desarrollo del proyecto en planta y ocasionar problemas posteriores en la etapa de ejecución.



Figura 3.12: interferencia en tramo de calle San Cayetano e/ Nicolas de Bari y Punta del Este.  
– Fuente: Elaboración Propia

Analizando las figuras 3.11 y 3.12, se hace referencia al tipo de ajustes que se debieron hacer al proyecto en función de las obstrucciones de algunos servicios existentes. En correspondencia con la figura 3.12 se puede observar que claramente la ubicación del poste reduce la calzada notablemente.

Para el análisis altimétrico, se partió de puntos fijos del pavimento existente y se proyectó la rasante siguiendo en lo posible el terreno natural para evitar grandes movimientos de suelo.

A su vez, se debió poner énfasis en los umbrales y desagües, verificando los desagües de las viviendas existentes y la compatibilidad de altura con las calles perpendiculares en los cruces. Es necesario contemplar estos detalles dado que si un umbral se encuentra por debajo de lo establecido este no podrá desaguar y en caso contrario, si este se encontrará por encima de lo establecido por norma aumentaría la probabilidad de inundación del inmueble.

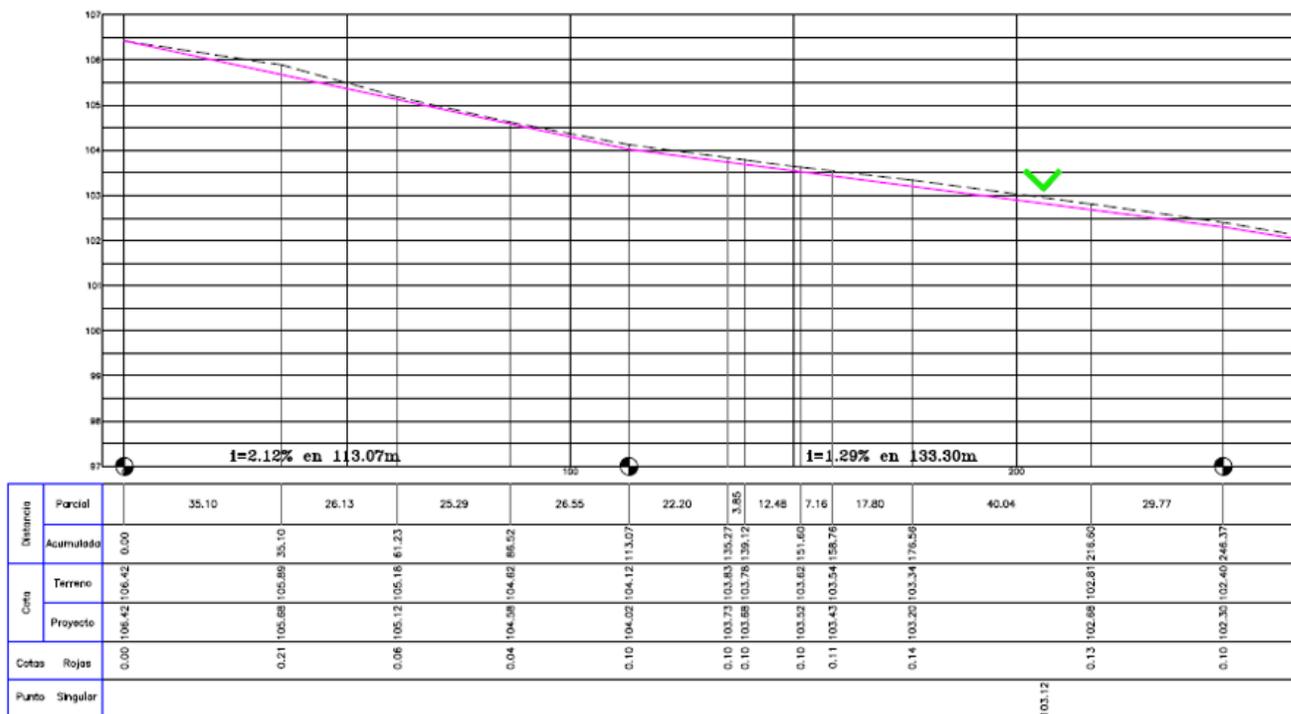


Figura 3.13: Altimetría calle San Cayetano. – Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3.13 se muestra un perfil longitudinal de la calle San Cayetano, donde se puede observar en color verde el umbral, en líneas punteadas el terreno natural y en magenta la rasante, con sus respectivas longitudes y pendientes. En la guitarra se proporciona información sobre las progresivas, cotas de rasante proyectada y de terreno, sirviendo de ayuda para una mejor interpretación en obra.

A modo de ejemplo se utilizó el caso de la calle San Cayetano, se realizó el mismo análisis para cada una de los tramos proyectados. Se anexan los planos de proyecto de la planimetría general (plano 1) y las planialtimetrías correspondientes a cada calle (plano de 2 a 11).

### 3.4.3 ANÁLISIS DE OBRAS DE DESAGÜE – CORDONES CUNETA

Como se mencionó anteriormente, la zona estudiada posee viviendas consolidadas con umbrales y desagües pluviales determinados, por lo que el diseño de la rasante se condicionó a garantizar el correcto escurrimiento. Para esto se hizo coincidir el intradós inferior de los albañales con el fondo de la cuneta y además se consideraron los límites de inundación para la función básica y la función complementaria de las “Normas para la presentación de Proyectos de Infraestructura Vial y de Drenaje”- Dirección de Obras Viales de la Municipalidad de Córdoba.

Las especificaciones a cumplir son las expresadas en los siguientes conceptos:

- Función básica: Evitan el daño a las personas y a las propiedades. Para calles locales, colectoras y arteriales el límite admisible asegura que viviendas residenciales, edificios públicos, industriales y comerciales no deben ser inundados. La altura máxima de inundación admisible es el nivel de paso de los edificios, jardines, playas y toda zona fuera de los edificios que no esté protegida. La altura de agua sobre el fondo de cuneta o badén no debe superar los 0,50 m.
- Función complementaria: Permiten el desenvolvimiento de la vida urbana. Para calles locales el límite admisible es tal que no se debe sobrepasar la altura del cordón aun cuando se pueda alcanzar el coronamiento.

En la figura 3.14 se puede observar el detalle de los límites de inundabilidad.

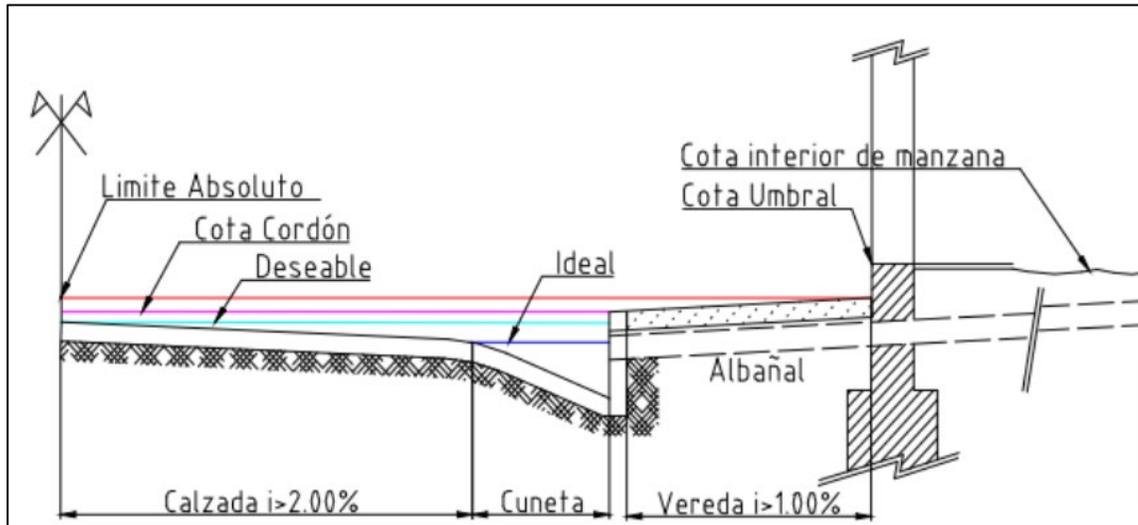


Figura 3.14: Niveles de inundabilidad. – Fuente: Cátedra de Ingeniería Sanitaria.

Por otro lado, resulto necesario considerar el sentido de escurrimiento general, Figura 3.15, para el posterior Análisis y Verificaciones Hidrológicas llevadas a cabo por la oficina de Proyecto.

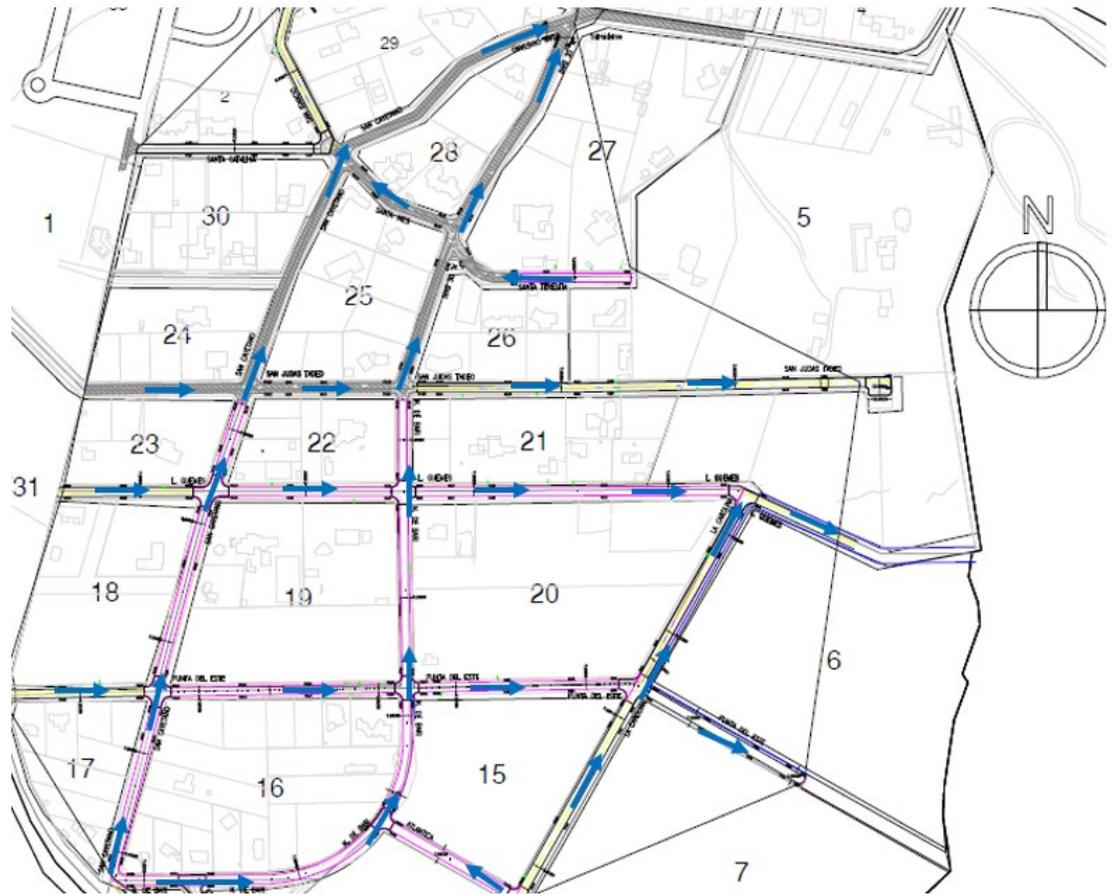


Figura 3.15: Sentido de Escurrimiento de aguas superficiales. – Fuente: Elaboración Propia.

## **CAPÍTULO 4: PERFIL ESTRUCTURAL**

## **4.1 INTRODUCCIÓN**

Se conoce como pavimento al conjunto de capas superpuestas apoyadas sobre la subrasante, estas son diseñadas y construidas con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Esta superestructura debe proporcionar una textura y regularidad superficial adecuada, ser resistente tanto a la acción de cargas de tránsito como a la intemperie, ser durable y económico.

En el siguiente capítulo se describirán los perfiles estructurales tipo del proyecto. Estos fueron considerados bajo la Ordenanza Municipal 8060 y sus normas complementarias.

## **4.2 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRUCTURAL**

Se optó por realizar un sistema constructivo mixto con cordones cuneta y bocacalles de hormigón colado in situ y base y sub base granular, sobre la que apoya la carpeta asfáltica colada en caliente. El motivo para adoptar pavimento rígido en las intersecciones responde a que los vehículos pueden girar en las esquinas produciendo esfuerzos laterales en la superficie del pavimento, siendo el hormigón el mejor material para resistir dichas acciones sin presentar deformaciones. Otra razón para justificar la elección de este perfil, es que en las esquinas se materializan badenes que permiten la correcta escorrentía de las aguas tanto de lluvia como las provenientes de los desagües pluviales de la zona.

Los perfiles analizados se compondrán de:

- Calzada: zona asignada para el desplazamiento de vehículos y transitoriamente de peatones en el cruce entre veredas. Tienen un ancho proyectado de 7 m.
- Cordón Cuneta: permiten el escurrimiento superficial y delimitan los planos destinados a la circulación vehicular.
- Vereda: zonas destinadas para la circulación exclusiva de peatones. Tendrán un ancho variable en función de las edificaciones existentes siempre que tengan un mínimo de 1,5 m.

### **4.2.1 PAQUETE ESTRUCTURAL FLEXIBLE**

Son aquellos cuya capa de rodadura es materializada con Cemento Asfáltico, su denominación radica en que admite deformaciones 10 veces mayores que el pavimento rígido. Estos se emplearon en los tramos entre bocacalles, se compone de 4 capas:

- Subrasante: Suelo natural escarificado y compactado, con un espesor de 15 cm.

- Sub base: Suelo- Arena con una proporción de 80% arena silíceas y 20% suelo seleccionado, con un espesor de 15 cm.
- Base: constituida por el material granular tipo 0-20, de 12 cm.
- Carpeta asfáltica: provista por cemento asfáltico de 50-60 de penetración y 5 cm de espesor

Además, se planteó emplear cemento asfáltico en el riego de liga tipo ER-1 y en el riego de imprimación tipo EM-1.

A continuación, se ilustra en la figura 4.1 el perfil tipo mencionado.

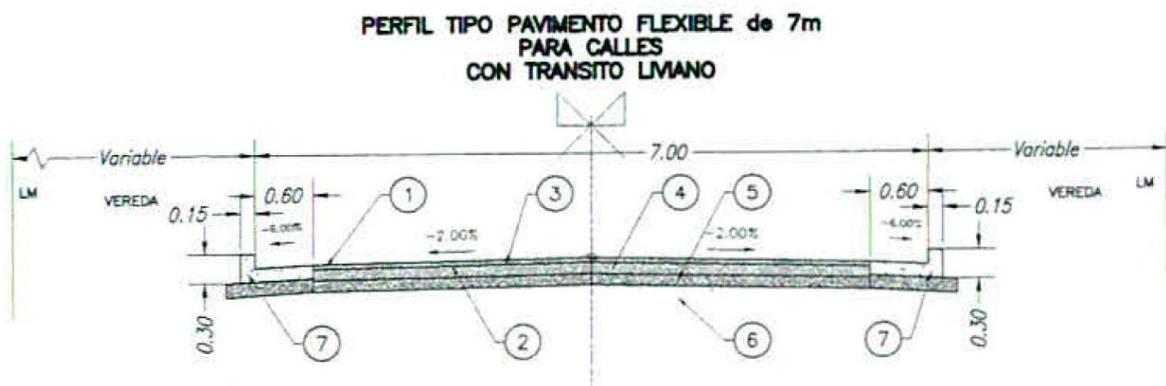


Figura 4.1: Perfil tipo Pavimento Flexible. – Fuente: Pliego técnico.

#### 4.2.2 PAQUETE ESTRUCTURAL RIGIDO

Están formados por losas de hormigón de un espesor no menor a 15 cm, separadas por juntas y colocadas sobre una base. Este paquete estructural se utilizó en las bocacalles, badenes y en las cunetas. En la figura 4.2 se puede observar el perfil tipo, este se compone de tres capas:

- Subrasante: Suelo natural escarificado y compactado, con un espesor de 15 cm y densificado al 95% o superior.
- Sub base: Suelo- Arena con una proporción de 80% arena silíceas y 20% suelo seleccionado, con un espesor de 15 cm.
- Losas de Hormigón Simple con cordón cuneta unificado: tipo H II-F se requiere una resistencia mínima de 260 Kg/cm<sup>2</sup> a 28 días, tendrá un espesor de 15 cm.

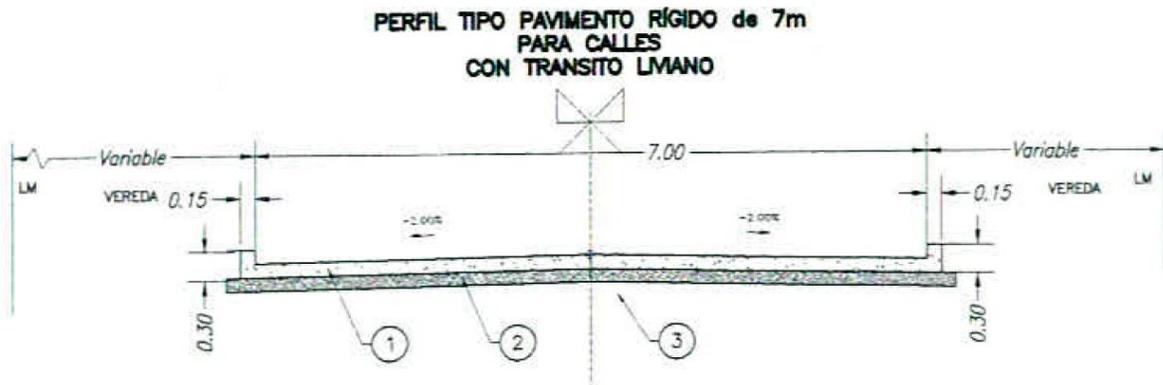


Figura 4.2: Perfil tipo Pavimento Rígido. – Fuente: Pliego técnico.

En la siguiente imagen 4.3 se puede muestra de forma esquemática el diagrama de juntas propuesto para las intersecciones.

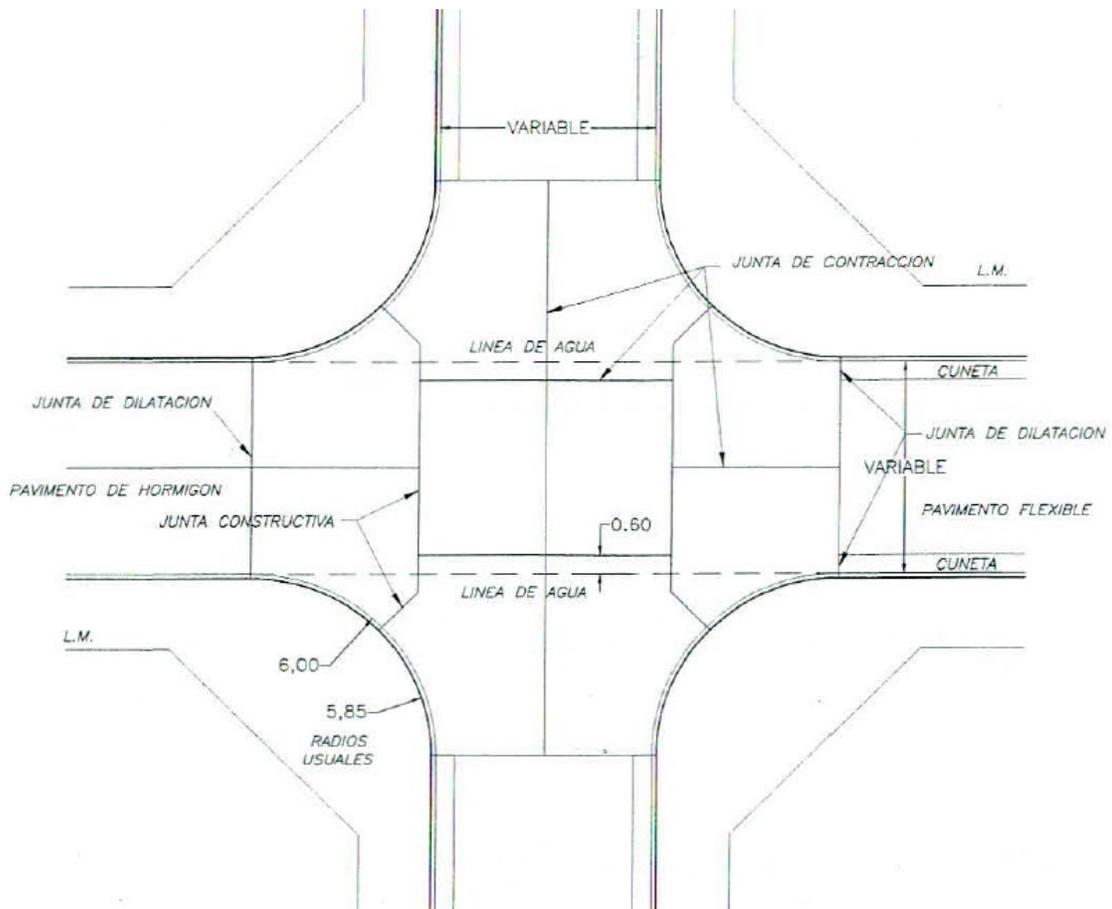


Figura 4.3: Esquema Bocacalle tipo. – Fuente: Pliego técnico.

### 4.2.3 CORDON CUNETETA

Los cordones cuneta fueron proyectados de hormigón de 0,15 m de espesor y 60 cm de ancho tipo H II-E con resistencia media mínima a 28 días de 310 kg/cm<sup>2</sup>, apoyados sobre la subbase granular previamente compactada. En la figura 4.4 se muestra un detalle del mismo,

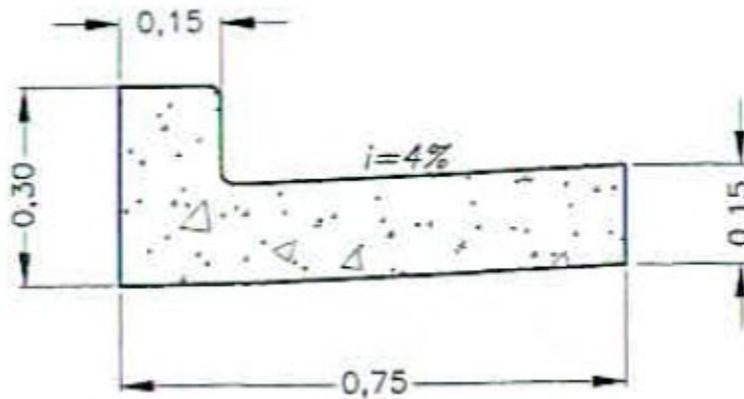


Figura 4.4: Detalle Cordón Cuneta tipo unificado. – Fuente: Pliego técnico.

## ***CAPÍTULO 5: PROCESO DE EJECUCIÓN E INSPECCIÓN***

## 5.1 INTRODUCCIÓN

Como se habló en el capítulo 2, en las obras viales el director técnico y el inspector deben realizar un trabajo en conjunto para que se logren buenos resultados. En este capítulo, se detallará el proceso constructivo y en contraste se pondrá en evidencia las tareas del inspector para que se cumplan las exigencias del pliego de especificaciones técnicas. También se mencionarán los ensayos requeridos en cada etapa y los resultados obtenidos. Se aclara que los detalles de los ensayos y los lineamientos para su ejecución se explicarán en el Capítulo 6.

## 5.2 RELEVAMIENTO, REPLANTEO Y NIVELACIÓN

Se realiza un relevamiento para corroborar los datos altimétricos de proyecto y tener en cuenta los aspectos relevantes que pudieran haber sido omitidos. En el caso de esta obra, sucedió que hubo un crecimiento no contemplado entre el trayecto de diseño del proyecto y la puesta en marcha de la obra por lo que la información que había sobre umbrales, albañales y conexiones a servicios era escasa con respecto a la real. En la imagen 5.1 se puede observar uno de los desagües que no habían sido contemplados en el proyecto, el mismo debió ser ajustado en el transcurso de la obra para que pueda cumplir su función.



Figura 5.1: Albañal no relevado en el proyecto. – Fuente: Elaboración Propia.



El replanteo planimétrico se realizó en base al proyecto, adaptando los anchos de las calles entre líneas municipales y las distancias a esquinas de cada manzana según parcelarios. Conjuntamente se realizó el replanteo altimétrico con la finalidad de que las cotas de obra tuviesen correspondencia con las de proyecto y garantizar el escurrimiento de las aguas pluviales.

La nivelación sirve para delimitar el trabajo a realizar por las maquinas. Se debe replantear en cada tramo de trabajo y en cada capa los puntos que materialicen los niveles de proyecto en cada capa a ejecutar. Se empleó un nivel óptico, regla metálica, hierros clavados y estacas de madera.



*Figura 5.2: Nivel Óptico. – Fuente: Elaboración Propia.*

### 5.3 LIMPIEZA DE TERRENO Y SEÑALIZACIÓN

Una vez realizado el replanteo, se procedió a remover el suelo vegetal con el objetivo de retirar toda materia orgánica de la zona de trabajo para ello se empleó una motoniveladora, un cargador frontal y un camión volcador. En cuanto al destronque de los árboles que condicionaban el ancho de las calles, se pidió previamente la correspondiente autorización a la subsecretaría de ambiente para su extracción. En la figura 5.3, se puede observar a uno de estos arboles mencionados.



Figura 5.3: Árbol solicitado a extraer. – Fuente: Elaboración Propia.

La señalización fue efectuada por el contratista con el fin de evitar accidentes. Por tratarse de una obra pública municipal, toda la cartelería se rige bajo la ordenanza 10819 donde se indican dimensiones, características, tipo de letra, color y demás especificaciones. En las Figuras 5.4 y 5.5, se puede observar la cartelería informativa de ejecución de obra. Para restringir el ingreso de vehículos y redireccionar el tránsito, se colocaron barriles y vallas, como se puede observar en la Figura 5.6. La inspección debió controlar que la señalización fuera suficiente y que se cumplan los estándares requeridos.



Figura 5.4: Cartelería de Señalización. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 5.5: Cartelería de Señalización. – Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 5.6: Cartelería de Señalización. – Fuente: Elaboración Propia.*

#### **5.4 MOVIMIENTO DE SUELOS**

Se ejecutó el movimiento de suelo de forma de obtener la sección transversal requerida. Este ítem comprendió el área entre los cordones cuneta, bocacalles, badenes y calles que debieron procederse a perfilar. Previamente, fue necesario determinar la ubicación de las conexiones a los distintos servicios para que en el momento de realizar el desmonte se pueda llegar a la subrasante sin temor de dañar las conexiones.

Dada la poca profundidad de desmonte, se utilizó una motoniveladora y estacas de madera distanciadas entre 10 y 15 metros para realizar la tarea. La máquina realizó el escarificado y remoción del suelo, dejando un sobrancho de 0,5 m por orden del inspector para trabajar de forma cómoda. El material fue cargado por mini bobcat y palas cargadoras en los camiones volcadores, que lo llevaron a depósitos adecuados. En las figuras 5.7, 5.8 y 5.9, muestran detalles del proceso constructivo.



Figura 5.7: Operarios colocando estacas para nivelación geométrica. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 5.8: Motoniveladora trabajando. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 5.9: Pala Cargadora trabajando con el Camión Volcador. – Fuente: Elaboración Propia.

Una vez realizado el destape, se perfiló la calle mediante el uso de la motoniveladora, para emparejar la superficie y dar un gálibo aproximado de 3 cm por encima de la cota de la subrasante. Este margen superior permite realizar la compactación del suelo, considerando un descenso de entre 2 y 3 cm, dando lugar al corte final sobre estaca. En la figura 5.10, se puede observar la disposición de las estacas de madera y una aproximación a la subrasante.



Figura 5.10: Aproximación a la subrasante. – Fuente: Elaboración Propia.

Estas tareas se computaron por m<sup>3</sup> de movimiento de suelo. Las medidas fueron tomadas en principio en base de las progresivas y la profundidad de excavación necesaria, luego fueron controladas en función de la cantidad de viajes y la capacidad de los camiones utilizados.

## 5.5 PREPARACIÓN DE SUBRASANTE

Se considera subrasante a aquella superficie que servirá de fundación o apoyo a la estructura de pavimento a ejecutar. Esta tarea se refiere al perfilado y compactado del suelo de asiento, en base de los requerimientos del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

Luego de alcanzar los niveles adecuados al proyecto en el ítem de movimiento de suelo, se preparó la subrasante de 15 cm de espesor. Se especificó como condicionante para la recepción un grado de densificación mínimo del 95% de la densidad máxima correspondiente con el ensayo AASHTO T-180, donde el nivel de compactación logrado fuera verificado mediante ensayos acorde a la Norma VN-E-5-93 “Compactación de Suelos”. A su vez, se admitía suelo con una densidad no inferior a 1,70 kg/m<sup>3</sup>. Estos ensayos, fueron realizados a pedido de Inspección en cada frente de trabajo y realizados por el Laboratorio de Obras Viales.

En base a los datos de densidad y humedad natural, obtenidos mediante el Ensayo Proctor Modificado (AASHTO T-180) se puede determinar en forma aproximada la

cantidad de agua a añadir. Además, estos valores podrán ser utilizados como parámetros de comparación al realizar el control de densidades. En la tabla 5.1 se pueden observar los valores obtenidos del ensayo Proctor en distintos puntos donde se tomó muestras para el mismo. Se reitera que en el capítulo 6 se mostrarán las planillas y el procedimiento realizado en el ensayo.

Ensayo Proctor- Subrasante	
<b>Lugar: San Nicolás de Bari e/Punta del Este y Luis Güemes</b>	
Densidad Máxima	1.869 gr/ cm <sup>3</sup>
Humedad Óptima	14.1 %
<b>Lugar: San Nicolás de Bari e/Florida y Atlántica</b>	
Densidad Máxima	1.859 gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Óptima	15.2%

Tabla 5.1: Ensayo Proctor en Subrasante. – Fuente: Elaboración Propia.

Otro de los controles realizados fue el de grado de compactación por el método del cono de arena o densidad in situ, donde el objetivo era determinar el peso unitario de un suelo compactado y establecer si el grado de compactación cumple con las condiciones previstas. En la figura 5.11 se puede ver a personal de laboratorio realizando el mismo.



Figura 5.11: Ensayo Densidad In Situ. – Fuente: Elaboración Propia

Para la conformación de esta capa, se escarificó la superficie en una profundidad de 15 cm con una motoniveladora. Luego mediante camiones cisterna se humedeció el suelo hasta alcanzar una humedad ligeramente mayor a la óptima, controlando que no se acumule agua en puntos singulares que puedan generar baches en el estrato. Es importante mencionar que la cantidad de agua que se agregaba era determinada por experiencia por el personal de la obra, y luego se corroboraba mediante los ensayos realizados por la inspección.



Figura 5.12. Camión Cisterna regando la superficie. – Fuente: Elaboración Propia

Una vez alcanzada la humedad, se procedió a compactar. Por tratarse de suelos cohesivos, primero se utilizó un rodillo pata de cabra para reducir el canal de drenaje del agua contenida en el suelo. Además, este equipo tiene un efecto vibratorio que incrementa la presión de compactación. En la figura 5.13 se puede observar un esquema del funcionamiento de este rodillo que permite el drenaje lateral incrementando la eficiencia en la compactación. En la figura 5.14, se ve la compactación mediante este equipo.

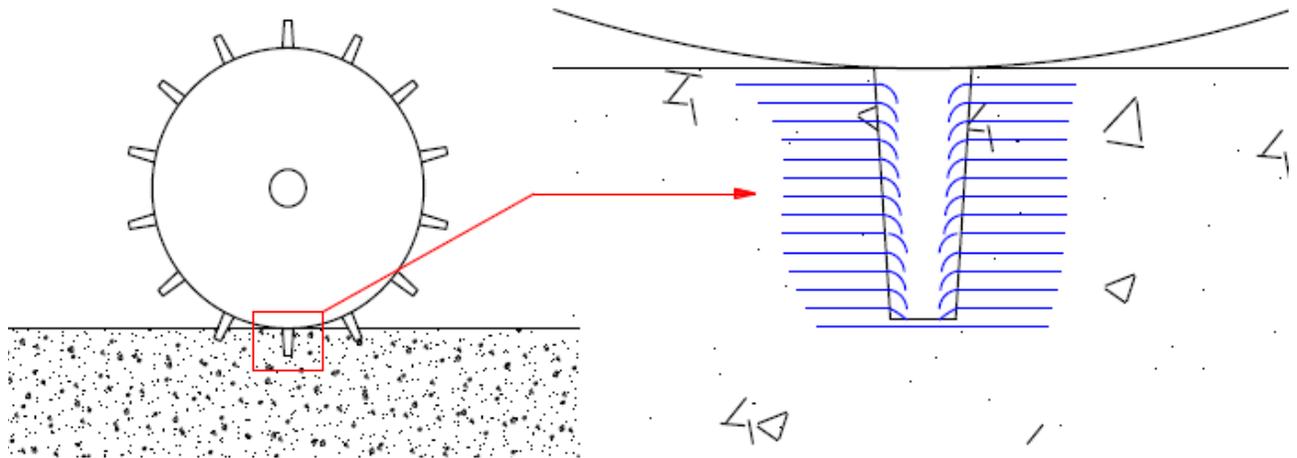


Figura 5.13. Esquema conceptual, funcionamiento de un rodillo para de cabra. – Fuente: Cátedra de Transporte III.



Figura 5.14. Compactación con rodillo Pata de Cabra. – Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se empleó un rodillo liso autopropulsado para aumentar la densidad del material y un rodillo neumático autopropulsado para sellar la superficie y evitar la pérdida rápida de humedad. El número de pasadas necesarias de cada equipo fue variando según el material que se encontraba en cada cuadra y se determinaba de manera práctica por medio de los resultados de los ensayos.

Como tarea final, se evaluó la presencia de baches y en caso de encontrarlos se debió retirar el material y reemplazarlo con otro de humedad adecuada. Para esto el personal de laboratorio, realizó un recorrido por el tramo a evaluar y con un hierro en forma de "T" punzaba el suelo para evaluar hundimientos. En la figura 5.15 se puede notar como quedó el suelo luego de hacer dicha inspección. Un punto a destacar es que si bien el estado natural del material era apto para la construcción, hubo zonas en que se tuvo que realizar un cambio de suelo dado que había contaminación de material orgánico.



*Figura 5.15. Relevamiento de Baches. – Fuente: Elaboración Propia*

Una vez que los controles verificaron y la subrasante se encontró en condiciones, se certificó la superficie por m<sup>2</sup> y un espesor de 0,15 m.

## **5.6 PREPARACIÓN DE SUB BASE**

La sub-base está compuesta por una mezcla de arena y suelo cohesivo, su función principal es absorber los cambios volumétricos de la subrasante para que estos no afecten a la capa de rodamiento.

Las condiciones de recepción para la subbase granular incluyen un control de sus dimensiones y regularidad, considerando una compactación no menor al 95% de la

densidad Máxima del Ensayo AASHTO T-180, con CBR no inferior al 40% de dicho valor de densificación.

Del mismo modo que en el caso de la subrasante, se debe disponer de los datos referentes al Ensayo Proctor Modificado. En la tabla 5.2 se pueden observar los resultados obtenidos del ensayo Proctor en donde se tomó muestra para el mismo.

Ensayo Proctor- Sub base	
Lugar: San Nicolás de Bari e/Florida y Atlántica	
Densidad Máxima	2.133 gr/ cm <sup>3</sup>
Humedad Óptima	7.15 %

*5.2: Ensayo Proctor en Sub base. – Fuente: Elaboración Propia.*

Para el control de grado de compactación se determinó, al igual que en la subrasante, la densidad aparente efectuando el ensayo del cono de arena en los puntos donde la inspección lo consideró necesario. En general, se realizaron dos ensayos en cada badén y dos en cada tramo donde posteriormente correspondiera cargar la base granular.

Una vez aprobada la subrasante, se colocaron las estacas para marcar los niveles de carga de material para subbase, Figura 5.16. Luego, el método constructivo es similar al de la subrasante en cuanto al perfilado, riego y compactado, pero difiere en el origen del material. Cabe destacar, que en este ítem la empresa tuvo un especial cuidado en la precisión del espesor ya que ante el faltante de material podría implicar incremento en el espesor de la base o del hormigón, y por ende mayores costos.



*Figura 5.16. Descarga de material sobre la subrasante. – Fuente: Elaboración Propia*



En la figura 5.17, se presenta una compactadora de rodillo neumático realizando el sellado de la subbase para evitar la pérdida de humedad. En la 5.18, se muestra la subbase lista.



Figura 5.17. Compactación con rodillo neumático. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 5.18. Compactación con rodillo neumático. – Fuente: Elaboración Propia

En este tipo de suelos es inusual la formación de baches, debido a la alta capacidad de drenaje que presentan. Aun así, se procedió a inspeccionar las zonas que pudieran tener exceso de humedad pudiendo dejarlas reposar un tiempo prolongado y observando si se producía el saneado sin intervención.

Una vez finalizada la tarea, se procedió a los ensayos de control de calidad análogos al caso de la subrasante y aprobados estos, se certificó por m<sup>2</sup>.

## **5.7 PAVIMENTO DE HORMIGÓN SIMPLE**

En esta sección se hará referencia a los aspectos más importantes que involucraron la construcción del pavimento de hormigón simple. Este se realizó con un espesor de 15 cm, con juntas sin pasadores ni barras de unión. Las juntas transversales se realizaron espaciadas unas de otras aproximadamente en 4,5m.

Entre las exigencias principales del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, para esta obra se destacan:

- La construcción completa del pavimento de hormigón simple en los espesores que se especifiquen en el proyecto, incluyendo cordones cuneta y cordones unificados, en los casos que así corresponda.
- La colocación de los moldes será aprobada, debiendo corregirse toda deficiencia o diferencias entre molde y moldes en más de 1 mm. Se cuidará especialmente la zona de apoyo de moldes, en áreas de bordes o cunetas, reforzando su compactación.
- La compactación del hormigón se ejecutará cuidadosamente mediante reglas vibrantes de superficie, el alisado y terminado superficial de la calzada se ejecutará con medios aprobados que aseguren una adecuada terminación superficial en cuanto a lisura, rugosidad, gálibo, respetando las cotas de diseño y produciendo un correcto escurrimiento de las aguas.
- El perfecto drenaje superficial, deberá ser cumplido tanto en las áreas construidas como en las adyacente.
- El librado al tránsito no se deberá producir antes de los 21 (veintiún) días de finalizadas las operaciones de hormigonado.
- Toda porción de hormigón empleado para construir la calzada será mezclada, colocada, compactada y sometida a las operaciones de terminación superficial dentro de un tiempo máximo de 45 (cuarenta y cinco) minutos. El hormigón se empleará tal cual resulte después de la descarga de la hormigonera; no se admitirá el agregado de agua para modificar o corregir su asentamiento para facilitar las operaciones de terminación de la calzada. Se empleará el mínimo de manipuleo para evitar segregaciones.

- La Inspección realizará ensayos por su cuenta, en cualquier momento y sin necesidad de aviso previo, a fin de verificar las características y calidad del hormigón y sus componentes.

### 5.7.1 EJECUCIÓN DE CALZADAS Y CUNETAS

Previo a la colocación y vertido del hormigón, se aseguró la correcta colocación de moldes y la adecuada limpieza de todos los elementos intervinientes. Para la construcción de una losa de pavimentos de hormigón existen dos métodos de ejecución: uno con moldes fijos y el otro con pavimentadoras de encofraos deslizantes. En esta obra, se utilizó el método clásico de los moldes fijos.

Lo primero que se realizó fue la colocación de los moldes, estos debían estar limpios e imprimados con un producto desencofrante, Figura 5.19 y 5.20. Se controló altimétrica mediante un nivel óptico y planimétricamente con cinta, Figura 5.21. Los puntos controlados fueron materializados con clavos metálicos, entre los cuales se dispuso una tanza para ajustar moldes intermedios.

Para la utilización de moldes fijos se requiere que la mezcla tenga asentamientos mayores a las utilizadas en moldes deslizantes de forma que el hormigón fluya con facilidad.



Figura 5.19. Colocación de moldes. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 5.20. Colocación de moldes. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 5.21. Control altimétrico del cordón cuneta. – Fuente: Elaboración Propia



### 5.7.2 DISTRIBUCIÓN DEL HORMIGÓN

El hormigón fue mezclado, colocado y distribuido cuidadosamente mediante el empleo de palas para evitar la segregación de los materiales. Esta tarea se realizó 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, Figura 5.22 y 5.23.



Figura 5.22. Colado de Hormigón en cuneta. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 5.23. Colado de Hormigón en badén. – Fuente: Elaboración Propia

Una vez colocada la totalidad de la mezcla se procedió a realizar el vibrado, para ello se empleó un virador tipo aguja, para provocar un acomodamiento del agregado y la densificación y homogeneización, Figura 5.23.



Figura 5.24. Vibrado del hormigón en bocacalle con vibrador monofásico de tipo aguja. – Fuente: Elaboración Propia



Las operaciones de terminación superficial se enfocaron en darle la pendiente adecuada a la media calzada utilizando una regla operada por dos obreros y retirar el exceso de material mediante una especie de fratás que le proporcionaba una mejor terminación al hormigón, Figura 5.24 y 5.25. Por otro lado, en las cunetas se utilizó la denominada “cinta para alisar hormigón” con el fin de darle la rugosidad definitiva. Es imprescindible que los elementos utilizados para dar textura estén humedecidos antes de utilizarse para que no absorban la humedad superficial del hormigón, Figura 5.26.



Figura 5.25. Terminación Superficial de boccalle con fratás. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 5.26. Terminación Superficial de cordón cuneta con fratás. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 5.27. Terminación Superficial de cordón cuneta con cinta alisadora. – Fuente: Elaboración Propia

En esta etapa se realizó un control de calidad mediante el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams, el cual mide el asentamiento que la mezcla sufre al retirarse el cono. El objetivo del mismo era determinar si alguna mezcla tenía un asentamiento mayor del rango permitido. En la figura 5.27, se muestra de forma esquemática el proceso del ensayo realizado in situ.

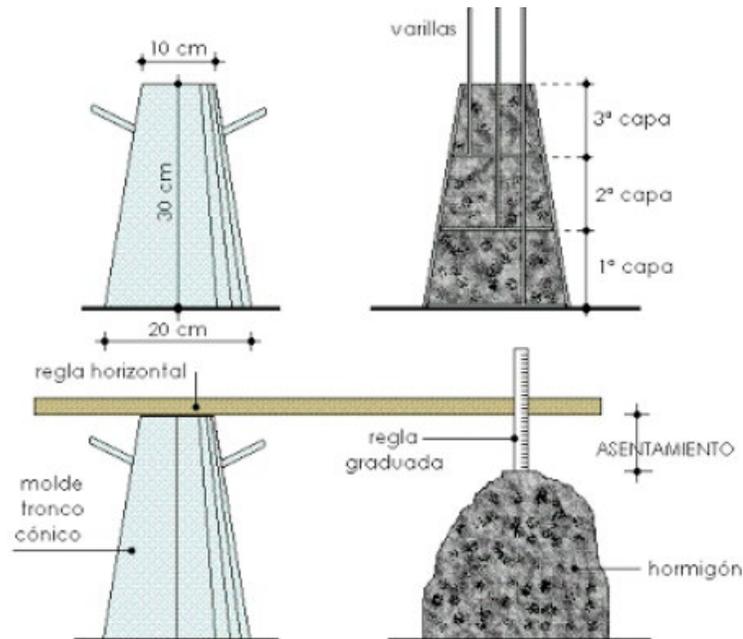


Figura 5.28. Ensayo Cono de Abrams. – Fuente: Construpedia

### 5.7.3 JUNTAS DE DILATACIÓN, CONTRACCIÓN Y SELLADO

Los pavimentos y losas de hormigón se ven sometidos a contracciones, expansiones o alabeos debido a los gradientes de temperatura. Para controlar las tensiones producidas en el interior de la estructura se realizan las juntas, estas tienen por finalidad reproducir el patrón de fisuración en el pavimento garantizando durabilidad y un buen funcionamiento del mismo. En la figura 5.29 se muestra esquemáticamente un desarrollo natural de fisuras en un pavimento rígido.

1. Fisuración inicial (transversal)
2. Fisuración intermedia (transversal).
3. Fisuración longitudinal.

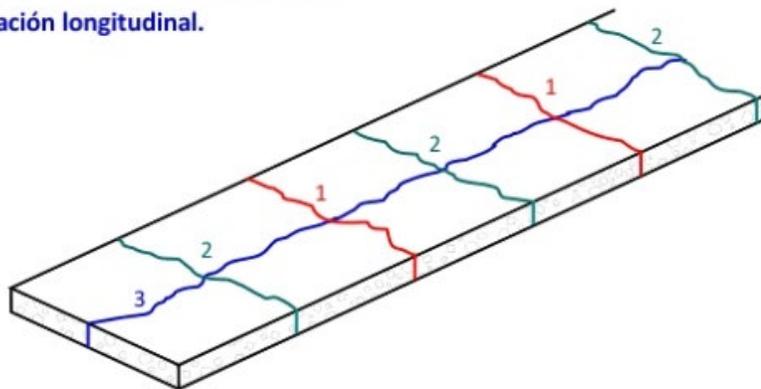


Figura 5.29. Diagrama de Fisuración. – Fuente: Instituto del Cemento Portland Argentino.

Las juntas de dilatación se dispusieron en zonas donde se debía unir un pavimento existente con el pavimento nuevo, de forma de aislar al mismo. Se materializaron con telgopor de 2,5 cm de espesor y una altura de 3 cm menor a la del pavimento a ejecutar, Figura 5.30.



Figura 5.30. Junta de Dilatación. – Fuente: Elaboración Propia.

Con respecto a las juntas de contracción, se sabe que el agrietamiento debido a la retracción sucede a muy temprana edad debido a los cambios de temperatura durante los procesos de hidratación y fraguado. En las cunetas se realizaron juntas colocando unas tablas de madera de 7mm x 5 cm x 60 cm, Figura 5.31.



Figura 5.31. Aserrado de Cuneta. – Fuente: Elaboración Propia

En los badenes y bocacalles se hicieron por aserrado con una maquina cortadora a sierra circular, en 1/3 del espesor, Figura 5.32 y 5.33. El aserrado se llevó a cabo en un periodo de 6 a 12 hs, como mínimo y siempre dentro de la jornada de labor. Es muy importante realizarlo en este rango de tiempo, ya que antes el hormigón no alcanza la resistencia necesaria para soportar al equipo y luego de este intervalo es susceptible de producir fisuras, Figura 5.34.



Figura 5.32. Aserrado en bocacalle. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 5.33. Aserrado en bocacalle. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 5.34. Ventana de Corte. – Fuente: Cátedra de Transporte III.

El sellado de juntas tiene por objetivo minimizar la infiltración del agua superficial y de materiales incompresibles en la estructura del pavimento. El exceso de agua puede contribuir al ablandamiento, erosión y bombeo de las capas subyacentes a la losa de hormigón, resultando en una pérdida soporte estructural. En tanto el ingreso de material incompresibles puede ser la causa de descascaramientos y roturas de las losas por levantamiento (blow up).

El proceso constructivo implica la perfecta limpieza de las juntas aflojando, removiendo y extrayendo todo material que pueda existir en ellas. Se utilizó una mezcla de alquitrán en panes con material bituminoso tipo ER-1 en proporción 1:1 en volumen. Se pintaron previamente las caras de las juntas y la superficie expuesta en un ancho de 2 cm a cada lado sobre la superficie seca y limpia, asegurándose una adecuada adherencia y recubrimiento, figura 5.35.



Figura 5.35. Sellado de juntas en bocacalle. – Fuente: Elaboración Propia

#### 5.7.4 CURADO DE HORMIGÓN

El curado del hormigón se realiza para darle las condiciones necesarias para favorecer la hidratación del cemento y reducir las contracciones excesivas debidas a las condiciones ambientales. Existen varios métodos para llevar a cabo este proceso, pero el más utilizado en pavimentos es el de membranas de curado, pulverizando un compuesto químico desarrollado a partir de resinas vehiculizadas en solvente, llamado “antisol”, sobre el hormigón fresco que forma una película impermeable, resistente y adherente.

En esta obra, se realizó el curado con agua para provisionarle la humedad requerida al hormigón para garantizar un fragüe controlado y evitar la segregación del material granular. Por otro lado, se colocó antisol para brindar impermeabilidad y evitar que las partículas en suspensión se depositen sobre el hormigón en estado fresco.

Además de la membrana de curado, la inspección propuso utilizar una membrana plástica denominada “Agropol” que fue colocada sobre la subbase previo al colado del hormigón, para evitar que este pierda humedad por la parte inferior y así reducir las posibilidades de fisuración.



Figura 5.36. Colocación de membrana plástica previa al colado. – Fuente: Elaboración Propia

Finalizada esta tarea, la inspección ordenó proteger la superficie del hormigón mediante barricadas para impedir la circulación, Figura 5.37. Luego, una vez, endurecido el hormigón se pediría la extracción de cierta cantidad de testigos para controlar la resistencia a compresión y el espesor.



Figura 5.37. Protección de bocacalle hormigonada. – Fuente: Elaboración Propia

### 5.7.5 CORDONES CURVOS Y RECTOS

Como se mencionó anteriormente, los cordones son rellenos con posterioridad a la capa inferior, ya sea un badén o una cuneta. En el caso de los badenes, se utilizan moldes curvos de 6,00 m de radio medido al borde externo del cordón, Figura 5.38. Para las cunetas, se utilizan moldes rectos de 3,00 m, Figura 5.39 y 5.40. Por autorización de la inspección, no se colocaron barras de repartición longitudinales.



Figura 5.38. Cordón en tramo curvo. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 5.39. Cordón en tramo recto. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 5.40. Cordón en tramo recto. – Fuente: Elaboración Propia

Se tuvo un especial cuidado con la alineación de los cordones rectos, para que no se aprecien discontinuidades ni curvas en los mismos, Figura 5.41. Para ello se colocó una tanza desde el inicio hasta el final del cordón a hormigonar, para alinear los moldes correctamente.

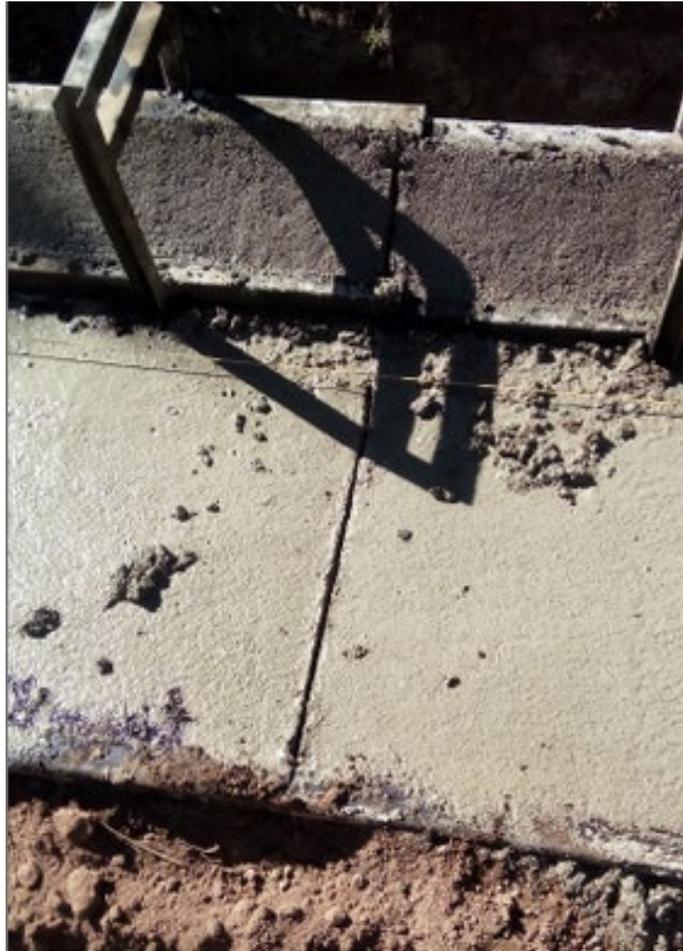


Figura 5.41. Alineación de cordones en tramos rectos. – Fuente: Elaboración Propia

## 5.8 PREPARACIÓN DE BASE GRANULAR

El material constituyente de la base es del tipo 0-20 y tiene un espesor de 12 cm. En cuanto a las condiciones de recepción para la base granular incluyen un control de sus dimensiones y regularidad, considerando una compactación no menor al 98% de la densidad Máxima del Ensayo AASHTO T-180, con CBR no inferior al 80% de dicho valor de densificación.

El método constructivo es similar al de la subbase. Una vez terminado el hormigonado de las cunetas que apoyan sobre la subbase se cargó el material de base entre ellas sin la necesidad de estacas, ya que la cantidad necesaria de material quedaba plasmada en el espesor del hormigón, Figura 5.42 y 5.43. Posterior a esto, se distribuyó el material con una motoniveladora, se regó y se compactó de la misma manera que la subbase. Teniendo en cuenta que se trataba de un suelo friccional se usó un método por vibración.



Figura 5.42. Distribución de 0-20 sobre subbase. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 5.43. Distribución de 0-20 sobre subbase. – Fuente: Elaboración Propia

La nivelación definitiva se realizó previo a la ejecución de la carpeta. La precisión con la que se llevó a cabo este trabajo fue fundamental para luego lograr un espesor adecuado en la carpeta asfáltica, dentro de los límites de tolerancia especificados.

Una vez aprobada la capa por inspección, la misma se computó para el certificado midiendo su superficie por m<sup>2</sup>.

## **5.9 EJECUCIÓN DE CARPETA DE RODAMIENTO**

Al momento de finalizar la práctica supervisada de la alumna, se tenían aprobados varios tramos de la base. Sin embargo, no se pudo ver el proceso de asfaltado debido a que la empresa debía terminar otros frentes de hormigón en la obra previo a esto. Es por esto que a continuación se expondrá de forma teórica el proceso y la inspección a realizar, mediante los requerimientos del pliego de especificaciones, conocimientos adquiridos en clase y de otras obras a las que la alumna visitó durante el transcurso de la PS en inspección.

La carpeta de rodamiento es la parte superior del pavimento flexible, en este caso, se compone de una mezcla en caliente tipo A de cemento asfáltico y agregados pétreos bien graduados. Entre las especificaciones requeridas para la aprobación y recepción por inspección, se pueden destacar:

- Elaboración, provisión y entrega al pie de la planta asfáltica de mezclas bituminosas del tipo concreto asfáltico.
- Cumplir con los requerimientos de las características de la mezcla tipo A (para carpeta), entre ellas: granulometría, características de los materiales, aprobación de los parámetros del Ensayo Marshall.
- En cuanto a la ejecución del pavimento, será realizado mediante el recubrimiento de la mezcla asfáltica en caliente, esparcida y distribuida mediante una terminadora, produciendo una superficie uniforme, con la lisura y rugosidad superficial adecuada.
- Se extraerán testigos con una maquina caladora rotativa a cargo de la contratista, a las 48 hs de terminada la ejecución de la carpeta. Estos serán ensayados por el Laboratorio de la Municipalidad de Córdoba y se controlará la densidad y el espesor.

A continuación, se detallan los pasos del proceso de ejecución:

- Una vez aprobada la base, se realizar una barrida y soplada de forma de eliminar todo polvo o material suelto.
- Se colocará un riego de imprimación con material bituminoso, de forma de proteger del desgaste a la capa de base, y evitar que la misma pierda la humedad optima que posee al momento de ser aprobada. Además, este permite establecer una continuidad entre la superficie existente no tratada y la carpeta,

de forma que el ligante penetre por gravedad y la dote de una impermeabilidad uniforme. Finalizada a tarea se debe compactar por medio de un rodillo liso.

- Se debe verificar que el “diente” respecto a la cuneta no supere los 5 cm de espesor.
- Para la colocación de la carpeta asfáltica se emplea una terminadora asfáltica que debe ser cargada mediante una batea. Es imprescindible que la temperatura al momento de aplicarla se encuentre dentro del rango admisible.
- A medida que la terminadora distribuye el material esta lo compacta mediante un sistema de compactado y vibrado. Aun así, atrás de ella debe actuar una compactadora de rodillo liso y luego una compactadora de rodillo neumático que proporciona el sellado de la superficie.
- Finalmente, se realizará el tomado de juntas, rastrillando el borde de contacto y procurando que no haya discontinuidades altimétricas ni planimétricas.

## **CAPÍTULO 6: CONTROL DE CALIDAD**

## 6.1 INTRODUCCIÓN

Los controles de obra se realizan con el fin de constatar la correcta ejecución y calidad de los materiales empleados en cada una de las capas del pavimento. Una vez finalizada una capa, se da aviso a la inspección para que el equipo de laboratorio haga el control correspondiente.

En este capítulo se detallarán los ensayos realizados por el Laboratorio de Obras Viales durante la Práctica Supervisada de la alumna para la obra en cuestión y para otras de la misma índole. También se expondrán brevemente aquellos ensayos recomendados por el Pliego de Especificaciones Técnicas. Por último, se comenta la experiencia de realización de distintos ensayos realizados en la estadía de laboratorio que involucran otras técnicas y materiales.

Se resumen los ensayos recomendados por el pliego para cada capa, en la tabla 6.1:

ENSAYOS	
<b>Subrasante y Subbase</b>	CBR
	Cono de Arena
	Limite Líquido
	Limite Plástico
	Proctor
	Equivalente en Arena (Subbase)
<b>Base</b>	CBR
	Índice de Grupo
	Equivalente en arena
	Desgaste de los Ángeles
	Factor de Cubicidad
<b>Hormigón</b>	Asentamiento
	Resistencia
<b>Mezcla Asfáltica</b>	Marshall

*Tabla 6.1: Ensayos a realizar según capa. – Fuente: Elaboración propia a partir del Pliego de Especificaciones Técnicas.*

## 6.2 CONTROL EN SUELOS Y ÁRIDOS

En las obras viales, los suelos y áridos se hacen presente de forma íntegra en cada capa del paquete estructural, es por ello que se debe tener un gran cuidado en la evaluación de sus propiedades. El control para estos materiales puestos en obra implicó la revisión detallada del estrato para identificar concentraciones de agua y la calidad de la superficie terminada.

En el siguiente apartado se mencionan los ensayos correspondientes a clasificar y determinar las características del material que luego influirán en las propiedades

mecánicas del conjunto. En particular, en la pavimentación del Barrio La Carolina, el Laboratorio de Obras Viales llevó a cabo el estudio de densidades mediante el ensayo Proctor y el Método del Cono de Arena.

### 6.2.1 Limite Liquido- VN-E2-65

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

La humedad porcentual en cada punto se calcula con la fórmula:

$$H = \frac{P1 - P2}{P2 - Pf} \times 100$$

considerando:

P1: Peso del pesa filtro más la porción del suelo húmedo

P2: Peso del pesa filtro más el suelo seco

Pf: Peso del pesa filtro vacío

El límite líquido se obtiene trazando en un sistema de coordenadas rectangulares con el logaritmo del número de golpe en las abscisas y en las ordenadas el porcentaje de humedad. Se ubican los puntos obtenidos y mediante un ajuste lineal se establece una recta que ligue a esos puntos, luego, en el eje de ordenadas se traza una recta perpendicular en el punto correspondiente a los 25 golpes, ese valor será el Límite Líquido. Se ejemplifica en la figura 6.1.

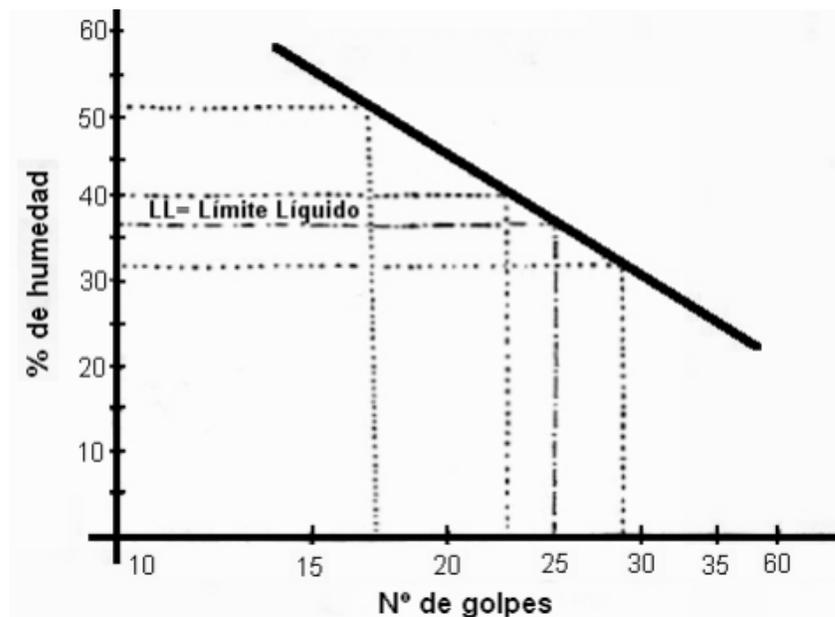


Figura 6.1: Determinación del Límite Líquido. – Fuente: Normas de ensayo de Vialidad Nacional.

Para este ensayo se emplea el aparato de Casagrande que se muestra en la Figura 6.2.

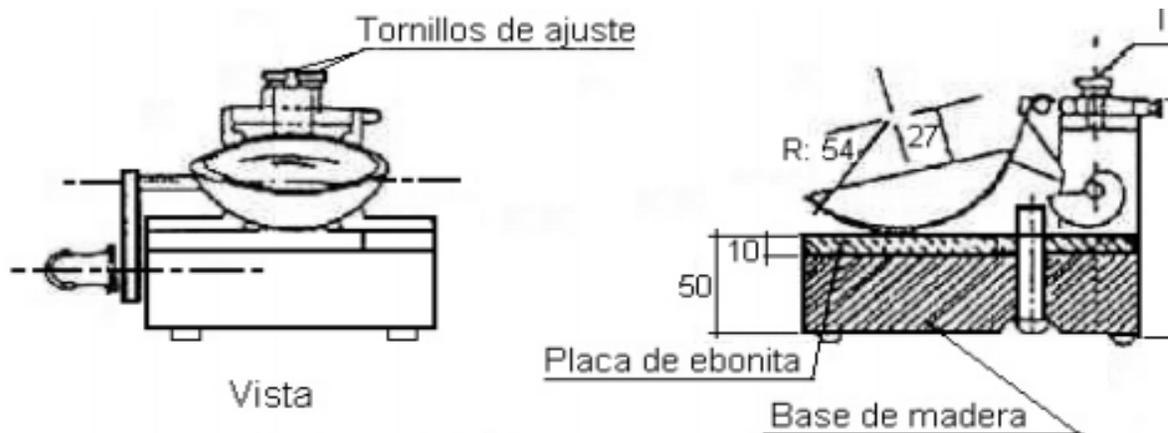


Figura 6.2: Aparato de casagrande. – Fuente: Normas de ensayo de Vialidad Nacional.

Según el Pliego este ensayo se debe aplicar en:

- Subrasante.  $LL < 30$
- Sub base.  $LL < 25$
- Base.  $LL < 25$

### 6.2.2 Limite Plástico-VN-E3-65

El límite plástico requiere encontrar el contenido de humedad existente en un suelo, expresado en por ciento del peso de suelo seco, en el límite entre el estado plástico y el estado sólido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el más bajo contenido de humedad con el cual el suelo, al ser moldeado en barritas cilíndricas de menor diámetro cada vez, comienza a agrietarse cuando las barritas alcanzan a tener 3mm diámetro.

El cálculo de este valor se puede hacer por medio de la fórmula:  $LP = \frac{PI-P2}{P2-PF} \times 100$  considerando:

LP: Límite Plástico.

P1: Peso del pesa filtro más el suelo húmedo.

P2: Peso del pesa filtro más el suelo seco.

Pf: Peso del pesa filtro vacío.

Conocer el valor del Límite Líquido y el Límite Plástico nos permite hallar el Índice de Plasticidad del suelo, calculado como la diferencia entre ambos.

$$IP = LL - LP$$

Según el Pliego este ensayo se debe aplicar en:

- Subrasante.  $IP < 10$
- Sub base.  $IP < 6$
- Base.  $IP < 6$

### 6.2.3 Índice Grupo VN-E4-84

Para evaluar la calidad del tipo de suelo empleado para uso vial, se lo clasifica en 7 grupos según su comportamiento según la tabla HRB. En los últimos años, se crearon subgrupos y se ideó el Índice de Grupo (IG) para diferenciar algunos suelos dentro de cada grupo. Este es calculado en función de la granulometría, el Límite Líquido y el Límite Plástico. A medida que el IG es mayor, se reducen su capacidad portante.

$$IG = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15)(IP - 10)$$

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) hasta el 35%							SUELOS ARCILLOSO-LIMOSO Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) más del 35%			
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
CLASIFICACIÓN POR GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Ensayo de tamizado por vía húmeda Porcentaje que pasa por:											
Tamiz IRAM de 2 mm. N° 10	Máx 50										
Tamiz IRAM de 425 micrómetros N° 40	Máx 30	Máx 50	Min 51								
Tamiz IRAM de 75 micrómetros N° 200	Máx 15	Máx 25	Máx 10	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Características de la fracción que pasa por tamiz IRAM 425 micrómetros N° 40											
Límite Líquido	-	-	-	Máx 40	Min 41	Máx 40	Min 41	Máx 40	Min 41	Máx 40	Min 41
Índice de Plasticidad	Máximo 6		No plástico	Máx 10	Máx 10	Min 11	Min 11	Máx 10	Máx 10	Min 11	Min 11
CONSTITUYENTES PRINCIPALES DE TIPOS MAS COMUNES	Fragmentos de rocas, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas arcillosas limosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
COMPORTAMIENTO GENERAL COMO SUBRASANTE	Excelente a bueno					Regular a pobre					

*Tabla 6.2: Clasificación de suelos con subgrupos. – Fuente: Normas de ensayo de Vialidad Nacional.*

En el caso de esta obra, se pudo estimar que el suelo pertenecía a un grupo A4 compuesta esencialmente por limos, con poco material grueso y un poco de arcilla. Para el uso de material de subrasante esto suelos se caracterizan por tener un comportamiento variable desde el equivalente a un buen suelo (como el A-2-4 y A-2-) hasta el regular y pobre. Tienen la particularidad de verse secos y firmes en la superficie, pero son relativamente inestables con cualquier contenido de humedad, y cuando este es grande, tiene muy baja estabilidad y valor soporte. A su vez, son difíciles de compactar dado que el contenido de humedad para obtener la densidad máxima está dentro de límites estrechos.

#### **6.2.4 Proctor VN-E5-93**

Este ensayo estudia las variaciones del peso unitario de un suelo en fusión de los contenidos de humedad, cuando se lo somete a un determinado esfuerzo de compactación. Permite establecer la humedad óptima con la que se obtiene el mayor valor del peso unitario, llamado densidad seca máxima.

Este método considera diversas formas de operar de acuerdo a las características granulométricas del material ensayado. En principio se deberá realizar un tamizado de la muestra para llevar a cabo este análisis, lo que permitirá utilizar el método apropiado en este caso se utilizó el método B o T-180 correspondiente al Proctor Modificado.

<b>ENSAYO PROCTOR VN-E5-93</b>			
	<b>MÉTODO A</b>	<b>MÉTODO B</b>	<b>MÉTODO C</b>
<b>Diámetro del molde (mm)</b>	101.6	101.6	101.6
<b>Volumen del molde (cm<sup>3</sup>)</b>	943.3	943.3	943.3
<b>Peso del Pisón (kg)</b>	2.5	4.53	2.5
<b>Altura de caída del Pisón (mm)</b>	305	457	305
<b>N° de Golpes por Capa</b>	25	25	35
<b>N° de Capas</b>	3	5	3
<b>Energía de Compactación (tm/m<sup>3</sup>)</b>	247.82	247.82	247.82
	Porción que pasa la malla N°4 (4.57 mm). Se usa si 20% o menos peso de material es retenido en la malla N°4.	Porción que pasa la malla 9.5mm. Se usa si el suelo retenido en la malla N° 4 es más del 20% y es más del 20% o menos peso de material es retenido en la malla 9.5mm.	Porción que pasa la malla de 19 mm. Se usa si más del 20% por peso de material es retenido en la malla de 9.5 mm, y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19mm.

*Tabla 6.3: Metodología del Ensayo Proctor según el suelo. – Fuente: Normas de ensayo de Vialidad Nacional*

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 continuación, en las figuras 6.3, 6.4, 6.5 y 6.6 se muestra el procedimiento que se siguió para la ejecución del ensayo.



Figura 6.3: Preparación de la muestra. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 6.4: Suelo humectado en busca de la humedad óptima. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 6.5: Compactado de la probeta. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 6.6: Enrasado de la probeta. – Fuente: Elaboración Propia

A partir de los datos obtenidos, se determinó, para cada punto la densidad seca, mediante a las siguientes expresiones:

$$\gamma_{\text{suelo seco}} = \frac{\gamma_{\text{suelo humedo}}}{1 + H_{\text{nat}}(\%)}$$

$$W_{\text{suelo seco}} = \frac{W_{\text{suelo humedo}}}{1 + H_{\text{nat}}(\%)}$$

$$W'_{\text{suelo humedo}} = W_{\text{suelo seco}} \times (1 + (H_{\text{nat}} + 2\%))$$

$$W'_{\text{agua}} = W_{\text{suelo humedo}} - W'_{\text{suelo humedo}}$$

Finalmente se graficaron los puntos Dss vs Humedad.

Resultados para la subrasante:

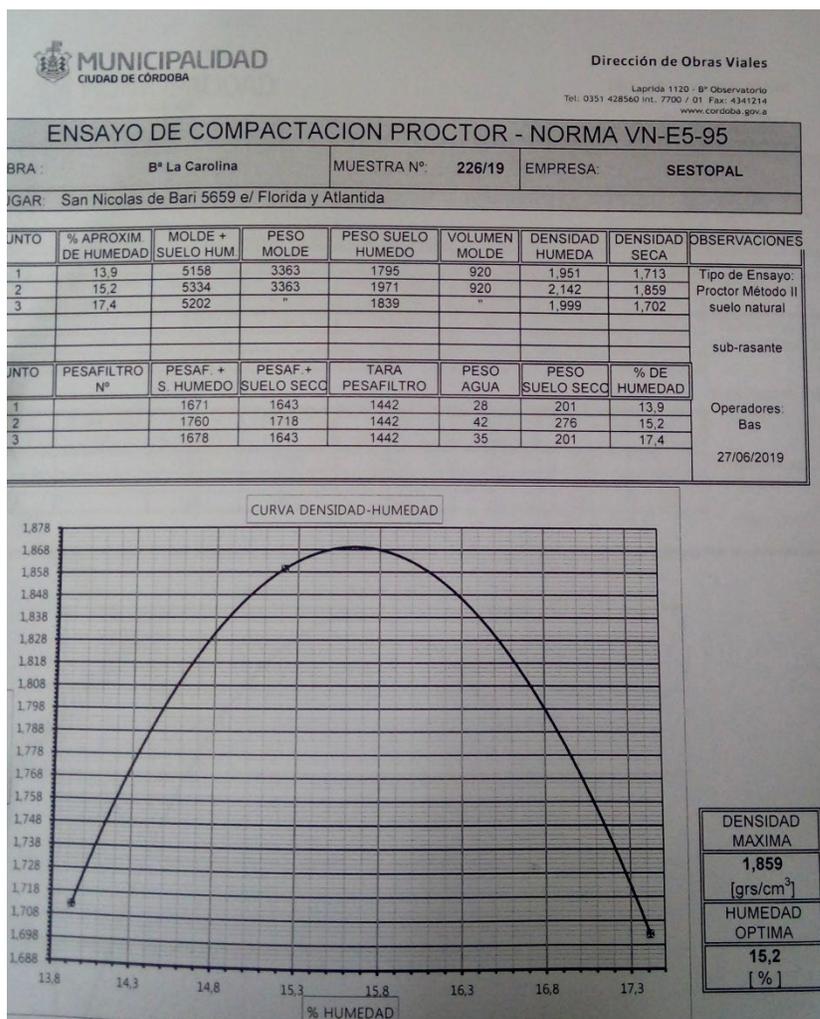


Figura 6.7: Resultado de la Subrasante. – Fuente: Municipalidad de Córdoba

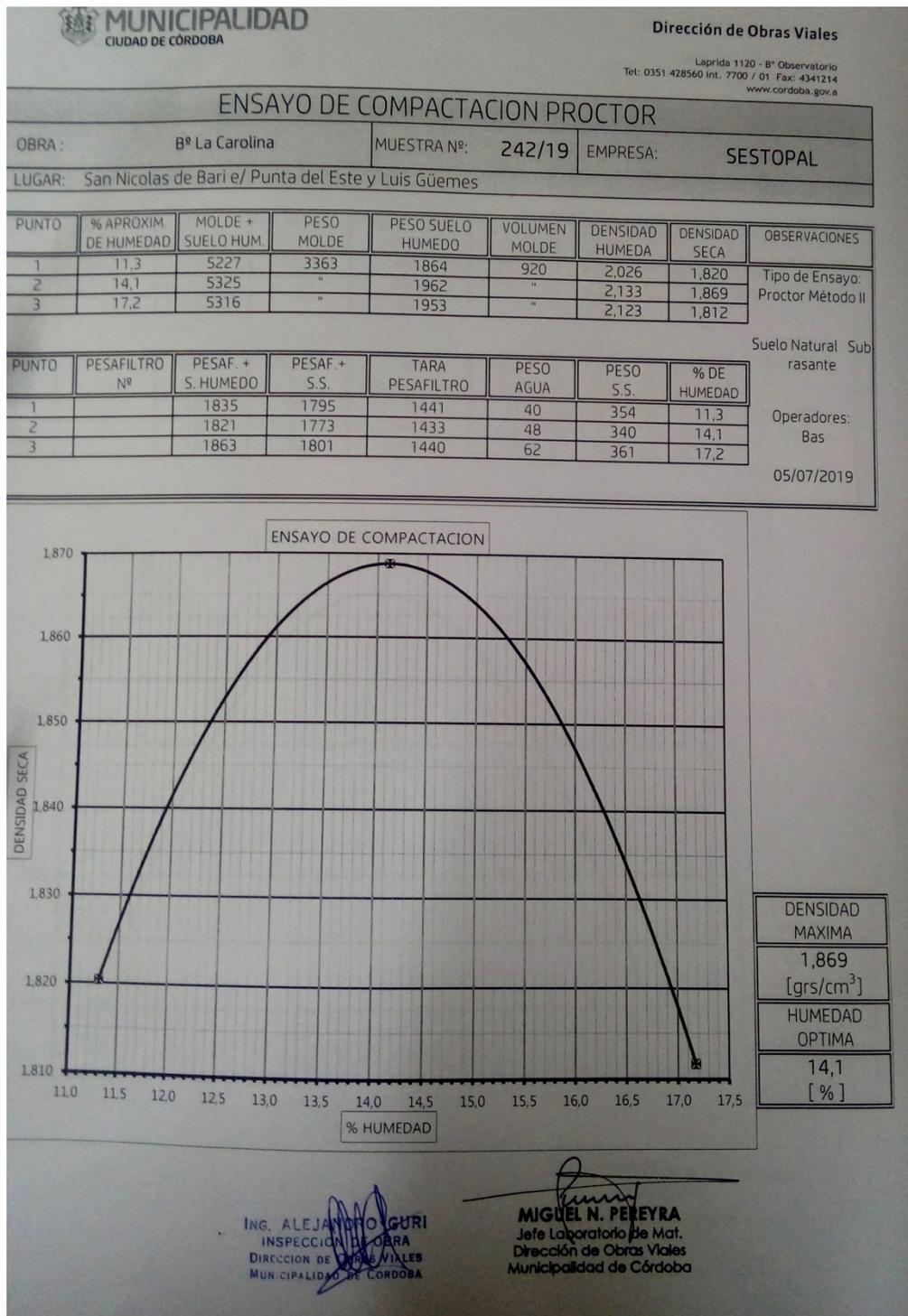


Figura 6.8: Resultado de la Subrasante. – Fuente: Municipalidad de Córdoba

Resultados para la sub base:

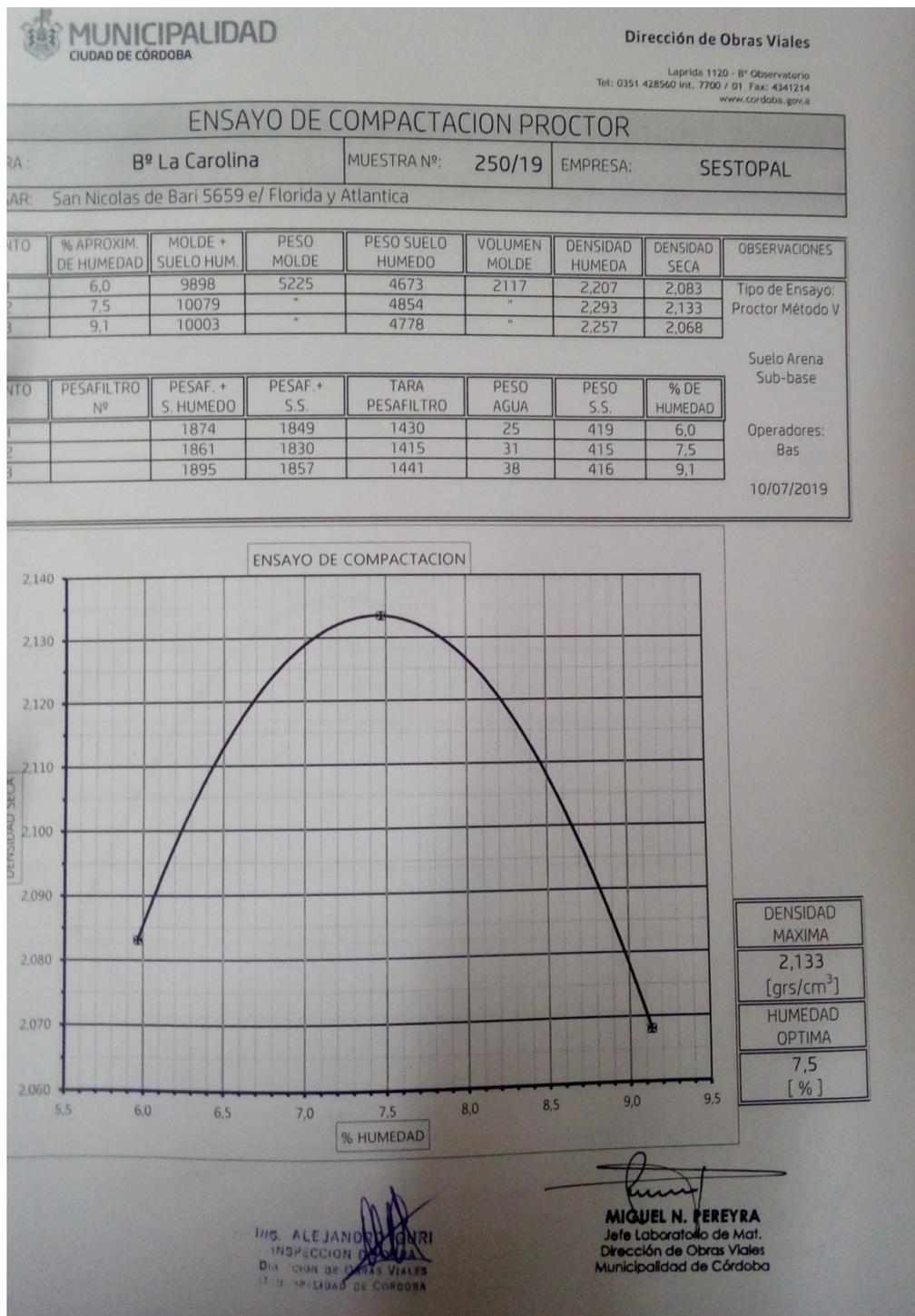


Figura 6.9: Resultado de la Subbase. – Fuente: Municipalidad de Córdoba

### 6.2.5 Control de Compactación por el Método de la Arena-VN-E8-66

El ensayo del cono de arena consiste 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. En la figura 6.10 se observa el equipo a utilizar.

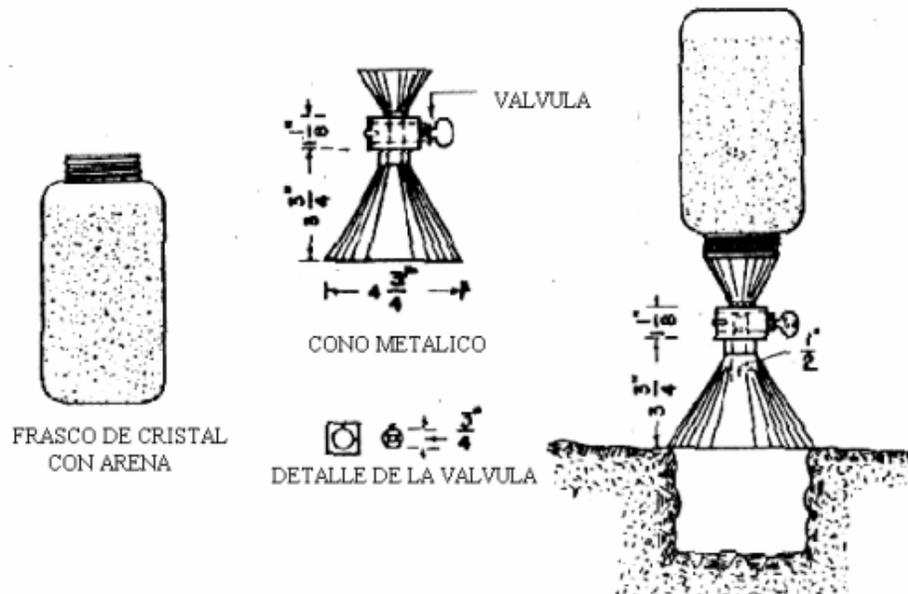


Figura 6.10: Equipo para el Ensayo de Cono de Arena. – Fuente: Grupo Geotecnia.

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” ( $P_e$ ). 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 conocido (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 ( $P_s$ ).

Las fórmulas empleadas para el cálculo fueron:

- Volumen del pozo

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

- Humedad de la muestra

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

- Densidad húmeda del terreno

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

- Densidad seca del terreno

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

En la siguiente figura se puede ver a la alumna ejecutando el ensayo:



Figura 6.11: Ejecución del Ensayo de Cono de Arena. – Fuente: Elaboración Propia

Las siguientes figuras muestran los resultados de los ensayos aplicados en la subrasante y la subbase:

PESO ESPECIFICO APARENTE (Metodo de la arena)													LABORATORIO DE MATERIALES						
Obra: LA CAROLINA													Contratista: SESTOPAL						
Fecha	Muestra N°	Proctor N°	Humedad óptima	Espesor (mts)	Arena frasco (grs.)	Arena remanente (grs.)	Peso arena pozo + cono (grs.)	Arena cono (grs.)	Arena pozo (grs.)	Dens. arena (grs./cm³)	Volumen (cm³)	Peso material extraído (grs.)	Densidad humeda (grs./cm³)	% Humedad	Densidad seca (grs./cm³)	Densidad Proctor (grs./cm³)	R.C (%)		
27/06/2019	225	226/19	15,2	0,15	4000	1624	2376	1084	1292	1,38	936	1654	1,77	15,6	1,53	1,86	82,4		
"	226	226/19	15,2	0,15	4000	1524	2476	1084	1392	1,38	1009	1850	1,83	5,4	1,59	1,86	85,5		
"	227	226/19	15,2	0,15	4000	1823	2177	1084	1093	1,38	792	1660	2,10	6,3	1,83	1,86	98,5		
UBICACIÓN													Tipo de suelo/función estructural						
225	San Nicolas de Bari 5665 e/ San Cayetano y Florida												Suelo natural/ sub-rasante						
226	San Nicolas de Bari 5659 e/ Florida y Atlantica												Suelo natural/ sub-rasante						
227	San Nicolas de Bari 5696 e/ Atlantica y Punta del Este												Suelo natural/ sub-rasante						
Muestra n°	225	226	227																
PF + SH =	1780	1850	1749																
PF + SS =	1734	1796	1710																
Peso agua =	46	54	39																
Peso PF =	1440	1441	1434																
Suelo seco =	294	355	276																
% Humedad =	15,6	15,2	14,1																
													Laboratorio:		Inspector:  ING. ALEJANDRO GURI INSPECCIÓN DE OBRA DIRECCIÓN DE OBRAS VIALES MUNICIPALIDAD DE CÓRDOBA				

Figura 6.12: Resultado de la Subrasante. – Fuente: Municipalidad de Córdoba

PESO ESPECIFICO APARENTE (Metodo de la arena)													LABORATORIO DE MATERIALES						
Obra: LA CAROLINA													Contratista: SESTOPAL						
Fecha	Muestra N°	Proctor N°	Humedad óptima	Espesor (mts)	Arena frasco (grs.)	Arena remanente (grs.)	Peso arena pozo + cono (grs.)	Arena cono (grs.)	Arena pozo (grs.)	Dens. arena (grs./cm³)	Volumen (cm³)	Peso material extraído (grs.)	Densidad humeda (grs./cm³)	% Humedad	Densidad seca (grs./cm³)	Densidad Proctor (grs./cm³)	R.C (%)		
28/06/2019	228	226/19	15,2	0,15	4000	1600	2400	1147	1253	1,38	908	1582	1,74	15,2	1,51	1,86	81,3		
"	229	226/19	15,2	0,15	4000	1690	2310	1147	1163	1,38	843	1637	1,94	16,0	1,67	1,85	90,5		
UBICACIÓN													Tipo de suelo/función estructural						
228	Repetición de muestra 225												suelo natural/sub-rasante						
229	Repetición de muestra 226												suelo natural/sub-rasante						
Muestra n°	228	229																	
PF + SH =	1883	1840																	
PF + SS =	1821	1785																	
Peso agua =	62	55																	
Peso PF =	1414	1441																	
Suelo seco =	407	344																	
% Humedad =	15,2	16,0																	
													Laboratorio:		Inspector:  ING. ALEJANDRO GURI INSPECCIÓN DE OBRA DIRECCIÓN DE OBRAS VIALES MUNICIPALIDAD DE CÓRDOBA				

Figura 6.13: Resultado de la Subrasante. – Fuente: Municipalidad de Córdoba

PESO ESPECIFICO APARENTE (Metodo de la arena)										LABORATORIO DE MATERIALES							
Obra: LA CAROLINA										Contratista: SESTOPAL							
Fecha	Muestra Nº	Proctor Nº	Humedad óptima	Espesor (mts)	Arena frasco (grs.)	Arena remanente (grs.)	Peso arena pozo + cono (grs.)	Arena cono (grs.)	Arena pozo (grs.)	Dens. arena (grs./cm³)	Volumen (cm³)	Peso material extraído (grs.)	Densidad humeda (grs./cm³)	% Humedad	Densidad seca (grs./cm³)	Densidad Proctor (grs./cm³)	R.C (%)
01/07/2019	230	226/19	15,2	0,15	4000	1557	2443	1147	1296	1,38	939	1798	1,91	14,5	1,67	1,86	89,9
"	231	226/19	15,2	0,15	4000	1660	2340	1147	1193	1,38	864	1693	1,96	13,7	1,72	1,85	93,1

UBICACIÓN				Tipo de suelo/función estructural			
230	Repetición de muestra 228			suelo natural/sub-rasante			
231	Repetición de muestra 229			suelo natural/sub-rasante			

Muestra nº	230	231	Laboratorio:		Inspector:	
PF + SH =	1788	1790			 <b>ING. ALEJANDRO GURI</b> INSP. EN OBRA DE OBRA DIRECCIÓN DE OBRAS VIALES MUNICIPALIDAD DE CÓRDOBA	
PF + SS =	1744	1747				
Peso agua =	44	43				
Peso PF =	1441	1433				
Suelo seco =	303	314				
% Humedad =	14,5	13,7				

Figura 6.14: Resultado de la Subrasante. – Fuente: Municipalidad de Córdoba.

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO APARENTE (Metodo de la arena)										LABORATORIO DE MATERIALES							
Obra: Barrio La Carolina										Contratista: SESTOPAL							
Fecha	Muestra Nº	Proctor Nº	Humedad óptima	Espesor (mts)	Arena frasco (grs.)	Arena remanente (grs.)	Peso arena pozo + cono (grs.)	Arena cono (grs.)	Arena pozo (grs.)	Dens. arena (grs./cm³)	Volumen (cm³)	Peso material extraído (grs.)	Densidad humeda (grs./cm³)	% Humedad	Densidad seca (grs./cm³)	Densidad Proctor (grs./cm³)	R.C (%)
05/07/2019	242	242/19	14,1	0,15	4000	1787	2213	1147	1066	1,38	772	1384	1,79	11,7	1,60	1,87	85,8
13/07/2019	249	250/19	7,5	0,15	4000	1516	2484	1147	1337	1,38	969	2097	2,16	6,8	2,03	2,13	95,0
"	250	250/19	7,5	0,15	4000	1462	2538	1147	1391	1,38	1008	2163	2,15	7,5	2,00	2,13	93,6
"	251	242/19	14,1	0,15	4000	1405	2595	1147	1448	1,38	1049	1971	1,88	10,5	1,70	1,87	90,9

Ubicación				Tipo de suelo/función estructural			
242	San Nicolas de Bari 5772 e/ Punta del Este y Luis Güemes			Suelo Natural/Sub-rasante			
249	San Nicolas de Bari 5665 e/ San Cayetano y Florida			Suelo Arena/Sub-base			
250	San Nicolas de Bari 5659 e/ Florida y Atlantica			Suelo Arena/Sub-base			
251	San Nicolas de Bari 5772 e/ Punta del Este y Luis Güemes (Repetición muestra Nº242)			Suelo Natural/Sub-rasante			

Muestra Nº	242	249	250	251	Laboratorio:		Inspector:	
PF + SH =	1767	1863	1878	1831			 <b>ING. ALEJANDRO GURI</b> INSP. EN OBRA DE OBRA DIRECCIÓN DE OBRAS VIALES MUNICIPALIDAD DE CÓRDOBA	
PF + SS =	1730	1836	1847	1794				
Peso agua =	37	27	31	37				
Peso PF =	1414	1441	1433	1442				
Suelo seco =	316	395	414	352				
% Humedad =	11,7	6,8	7,5	10,5				

Figura 6.15: Resultado de la Subrasante y Subbase. – Fuente: Municipalidad de Córdoba

PESO ESPECIFICO APARENTE (Metodo de la arena)										LABORATORIO DE MATERIALES							
Obra: B° LA CAROLINA										Contratista: <b>SESTOPAL</b>							
Fecha	Muestra N°	Proctor N°	Humedad óptima	Espesor (mts)	Arena frasco (grs.)	Arena remanente (grs.)	Peso arena pozo + cono (grs.)	Arena cono (grs.)	Arena pozo (grs.)	Dens. arena (grs./cm³)	Volumen (cm³)	Peso material extraído (grs.)	Densidad humeda (grs./cm³)	% Humedad	Densidad seca (grs./cm³)	Densidad Proctor (grs./cm³)	R.C (%)
22/07/2019	259	250/19	7,5	0,15	4000	1808	2192	1147	1045	1,38	757	1707	2,25	6,8	2,11	2,13	98,9
"	260	250/19	7,5	0,15	4000	1679	2321	1147	1175	1,38	851	1784	2,10	5,8	1,98	2,13	92,9

UBICACIÓN				Tipo de suelo/función estructural			
259	San Nicolas de Bari N°5781 e/ Gúemes y Punta del Este			Suelo arena/sub-base			
260	San Nicolas de Bari N°5776 e/ Gúemes y Punta del Este			Suelo arena/sub-base			

Muestra n°	259	260	Laboratorio:	Inspector:
PF + SH =	1793	1879		 <b>ING. ALEJANDRO GURI</b> INSPECCIÓN DE OBRAS VIALES DIRECCIÓN DE OBRAS VIALES MUNICIPALIDAD DE CÓRDOBA
PF + SS =	1770	1855		
Peso agua =	23	24		
Peso PF =	1433	1442		
Suelo seco =	337	413		
% Humedad =	6,8	5,8		

Figura 6.16: Resultado de la Subbase. – Fuente: Municipalidad de Córdoba

PESO ESPECIFICO APARENTE (Metodo de la arena)										LABORATORIO DE MATERIALES							
Obra: LA CAROLINA										Contratista: <b>SESTOPAL</b>							
Fecha	Muestra N°	Proctor N°	Humedad óptima	Espesor (mts)	Arena frasco (grs.)	Arena remanente (grs.)	Peso arena pozo + cono (grs.)	Arena cono (grs.)	Arena pozo (grs.)	Dens. arena (grs./cm³)	Volumen (cm³)	Peso material extraído (grs.)	Densidad humeda (grs./cm³)	% de Humedad	Densidad seca (grs./cm³)	Densidad Proctor (grs./cm³)	R.C (%)
26/07/2019	270	242/19	14,1	0,15	4000	1713	2287	1147	1140	1,38	826	1801	2,18	17,8	1,85	1,87	99,0

Ubicación				Tipo de suelo/función estructural			
270	Gúemes 8750 e/ San cayetano y San Nicolas de Bari			Suelo natural /sub-rasante			

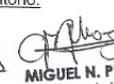
Muestra N°	270	Laboratorio:	Inspector:
PF + SH =	1983		 <b>MIGUEL N. PEREYRA</b> Jefe Laboratorio de Mat. Dirección de Obras Viales Municipalidad de Córdoba
PF + SS =	1901		
Peso agua =	82		
Peso PF =	1440		
Suelo seco =	461		
% Humedad =	17,8		

Figura 6.17: Resultado de la Subrasante. – Fuente: Municipalidad de Córdoba

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO APARENTE (Metodo de la arena)										LABORATORIO DE MATERIALES							
Obra: Barrio La Carolina										Contratista: SESTOPAL							
Fecha	Muestra N°	Proctor N°	Humedad optima	Espesor (mts)	Arena frasco (grs.)	Arena remanente (grs.)	Peso arena pozo + cono (grs.)	Arena cono (grs.)	Arena pozo (grs.)	Dens. arena (grs./cm <sup>3</sup> )	Volumen (cm <sup>3</sup> )	Peso material extraido (grs.)	Densidad humeda (grs./cm <sup>3</sup> )	% Humedad	Densidad seca (grs./cm <sup>3</sup> )	Densidad Proctor (grs./cm <sup>3</sup> )	R.C (%)
01/08/2019	285	250/19	7,5	0,15	4000	2088	1912	1079	833	1,38	604	1257	2,08	8,0	1,93	2,13	90,6
"	286	250/19	7,5	0,15	4000	1664	2336	1079	1257	1,38	911	1901	2,09	7,6	1,94	2,13	91,1
02/08/2019	287	250/19	7,5	0,15	4000	850	3150	1140	2010	1,38	1457	2963	2,03	7,8	1,89	2,13	88,5
"	251	250/19	7,5	0,15	4000	856	3144	1140	2004	1,38	1452	3086	2,13	6,2	2,00	2,13	94,0

Ubicación		Tipo de suelo/función estructural
285	Güemes 5850 e/ Bari y San Cayetano	Suelo arena/Sub-base
286	Bari 5860 e/ Güemes y san Judas	Suelo Arena/Sub-base
287	Calle L. Güemes 50 e/ San Nicolas de Bari y San Cayetano (lado Norte)	Suelo Arena/Sub-base
288	Calle S. N de Bari 5860 e/ Güemes y Judas S. (lado Este)	Suelo Arena/Sub-base

Muestra N°	285	286	287	288
PF + SH =	1689	1701	1786	1784
PF + SS =	1670	1683	1759	1764
Peso agua =	19	18	27	20
Peso PF =	1433	1446	1414	1440
Suelo seco =	237	237	345	324
% Humedad =	8,0	7,6	7,8	6,2

Laboratorio:

*Miguel N. Pereyra*

**MIGUEL N. PEREYRA**  
Jefe Laboratorio de Mat.  
Dirección de Obras Viales  
Municipalidad de Córdoba

Inspector:

*Alfonso Guri*

**ING. ALFONSO GURI**  
INSPECCIÓN DE OBRA  
DIRECCIÓN DE OBRAS VIALES  
MUNICIPALIDAD DE CÓRDOBA

Figura 6.18: Resultado de la Subrasante. – Fuente: Municipalidad de Córdoba

## 6.2.6 Valor Soporte California (CBR) VN-E6-84

El Valor Soporte California (CBR) es una medida comparativa de la resistencia al corte de suelo. Consiste en determinar la carga que es necesaria aplicar para que un pisón de tamaño normalizado penetre una probeta de suelo a una velocidad especificada. 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.

Por otra parte, se deber determinar el hinchamiento (aumento porcentual de altura con respecto a la inicial) que experimenta una probeta de suelo cuando la humedad de la misma aumenta, por inmersión, desde la humedad inicial de compactación hasta la alcanzada por la probeta al término del periodo de inmersión.

Según el Pliego este ensayo debe asegurar estos valores de densificación para ser aceptado:

Valores aptos para CBR		
ítem	Densidad	%CBR
<b>Base Granular</b>	95% máxima	>80
<b>Sub base</b>	95% máxima	>40

Tabla 6.4: Valores exigidos de densidad- CBR. – Fuente: Pliego de Especificaciones Técnicas.

### 6.2.7 Desgaste Los Ángeles- IRAM 1532

El objetivo de este ensayo es determinar la resistencia al desgaste que existe en el agregado grueso mediante la máquina de los Ángeles, figura 6.21. Consiste en colocar una cantidad especificada de agregado dentro de un tambor cilíndrico de acero que está montado horizontalmente. Se añade una carga de bolas de acero y se le aplica un número determinado de revoluciones. El choque entre el agregado y las bolas da por resultado la abrasión y los efectos se miden por la diferencia entre la masa inicial de la muestra seca y la masa del material desgastado expresándolo como porcentaje inicial.



Figura 6.19: Máquina "Los Ángeles". – Fuente: Catedra de Transporte III

Se puede obtener a partir de la siguiente expresión:

$$P = \frac{(m - m1)}{m} \times 100$$

P: % de pérdida por abrasión.

m: masa muestra seca.

m1: masa retenida por tamiz 12.

Se exigen los siguientes valores:

Valores típicos de Desgaste Los Ángeles según capa	
<b>Carpeta de Rodamiento</b>	<25-30%
<b>Base Asfáltica</b>	<30%
<b>Hormigón</b>	<40%
<b>Base Granular</b>	<35%

Tabla 6.5: Valores típicos de Desgaste Los Ángeles. – Fuente: Cátedra de Transporte III

### 6.2.8 Factor de Cubicidad VN-E16-67

Este ensayo consiste en relacionar la dimensión mínima con las medidas de las partículas de un agregado pétreo, mediante operaciones de zarandeo a través de cribas reductoras. El objetivo es determinar las características de forma de las partículas que constituyen el agregado, en base de un parámetro llamado Factor de Cubicidad que toma valores de 1 para Cubicidad optima y 0 para la mínima.

Se calcula mediante:

$$\text{Factor de Cubicidad}(F) = \frac{\sum R1 + 0.5 \sum R2}{100 * n}$$

R1: % retenido en la Criba Reductora 1.

R2: % retenido en la Criba Reductora 2.

n: número de tamaños directrices de la muestra analizada.

### 6.2.9 Equivalente en Arena- VN- E10-82

Este ensayo tiene el fin de determinar rápidamente el contenido de finos y materiales arcillosos en suelos y agregados. Los suelos en general son mezclas de partículas gruesas que mejoran su calidad y de partículas finas o arcillosas que son responsables de su mal comportamiento. Mediante este ensayo se puede separar las partículas finas o arcillosas de los granos más gruesos y comparar las propiedades. En esta obra el pliego requiere un Equivalente de Arena mayor a 50 en la subrasante.

Se calcula mediante la expresión:

$$EA = \frac{\text{Lectura de Nivel de Suelo de Arena}}{\text{Lectura de Nivel de Suelo de Finos}} \times 100$$

## 6.3 CONTROL EN HORMIGÓN

El hormigón fue trasladado a obra mediante camiones moto-hormigoneros. Se realizó el ensayo de asentamiento correspondiente al estado fresco, ya que por usarse moldes fijos para los cordones se requería un asentamiento del orden de 5 cm. Por otro lado, para el hormigón en estado endurecido se requirió la extracción de testigos mediante el uso de una maquina caladora rotativa que serían ensayados a compresión triaxial.

### 6.3.1 Control de Asentamiento- IRAM 1536

El ensayo de asentamiento, es el método más utilizado para medir la consistencia del hormigón. Para este ensayo se emplea un molde de tronco cónico de metal de 300 mm de altura con 200mm 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. En la figura 6.20 se muestra gráficamente el procedimiento.

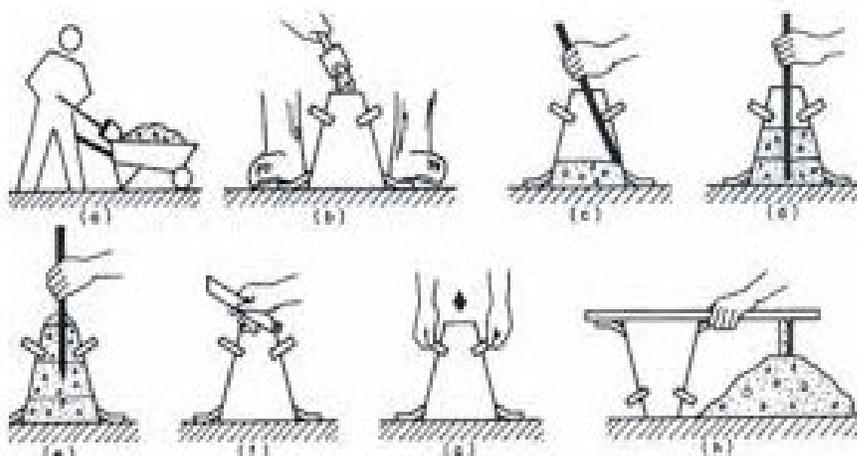


Figura 6.20: Medición de Asentamiento. – Fuente: Apuntes de UNL.

### 6.3.2 Resistencia a Compresión- IRAM 1546

Para la determinación de los valores de resistencia se determinan a través de ensayos destructivos, como el de compresión simple. Los factores que influyen en la resistencia, además de la calidad del mismo son: el diámetro de la probeta, la esbeltez y la humedad. Se ensayan probetas moldeadas con hormigón en estado fresco y testigos extraídos del pavimento en estado endurecido.

Las probetas de hormigón en estado fresco, se confeccionan con material extraído de los caminos en probetas de 30 cm de alto por 15 cm de diámetro, la mitad se ensayarán a compresión a los 7 días y las otras a los 28 días. El resultado de cada ensayo será el promedio aritmético de las resistencias a compresión axial de las probetas de la misma edad.

Los testigos de hormigón en estado endurecido se extraen para verificar el espesor, la resistencia y la capacidad de carga de la calzada. A los 7 días de haber hormigonado se deben extraer los testigos con una maquina caladora rotativa de 15 cm de diámetro, luego se deben colocar en una cámara de curado hasta que alcancen los 28 días y se puedan ensayar. Cada uno se debe identificar por nombre del sector y su ubicación, número del testigo y fecha de hormigonado. Se adjuntan en las siguientes figuras fotos de ensayos realizados por la alumna durante su paso por el laboratorio.



Figura 6.21: Encabezamiento de Probetas Moldeadas al pie de Obra. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.22: Cámara de Curado Obra. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.23: Ensayo a Compresión. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.24: Extracción de testigos. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.25: Testigos extraídos luego de 7 días. – Fuente: Elaboración Propia.

## 6.4 CONTROL EN MEZCLA ASFÁLTICA

En este punto se explicará los ensayos sobre mezclas asfálticas que conforman la parte superior del paquete estructural; comparando dichos resultados con los diseños de mezclas mediante el método Marshall.

### 6.4.1 Marshall- VN-E9-86

Este es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación que utilizan cemento asfáltico y agregados de granulometría cerrada o fina, con un tamaño nominal de 25mm o menor. Los aspectos principales del ensayo son el análisis densidad-vacíos y el ensayo de estabilidad-fluencia, en muestra de mezclas asfálticas compactadas.

Consiste en:

- Preparación de las muestras
- Determinación del peso específico bruto
- Ensayo de estabilidad-fluencia
- Análisis densidad-vacíos

El método usa probetas compactadas normalizadas de 102mm (4in) de diámetro por 63,5mm  $\pm$ 3mm de altura (2,5in). Se determinan los pesos de las probetas compactadas antes de realizar los ensayos. Cada probeta pesa entre 1000 y 3000 gramos, según los pesos específicos agregados.

La estabilidad de la probeta de ensayo es la máxima resistencia a las cargas desarrolladas a 60°C. El valor de fluencia es el movimiento total o deformación, que sufre la probeta durante el ensayo, desde el momento en que empieza a ser cargada hasta que se alcanza la máxima carga.

Las muestras que se emplean para la realización de este ensayo pueden ser obtenidas mediante la extracción de testigos y del material en estado fresco de la planta asfáltica o de la terminadora, este último se trasladará al laboratorio donde se moldearan las probetas.

Se puede ver el procedimiento del ensayo realizado por la alumna en las figuras 6.26, 6.27, 6.28:



Figura 6.26: Planta de asfalto donde se extrajeron muestras. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.27: Muestra Extraída. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.28: Preparación de Probetas. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.29: Probetas y excedente de Mezcla Asfáltica. – Fuente: Elaboración Propia.

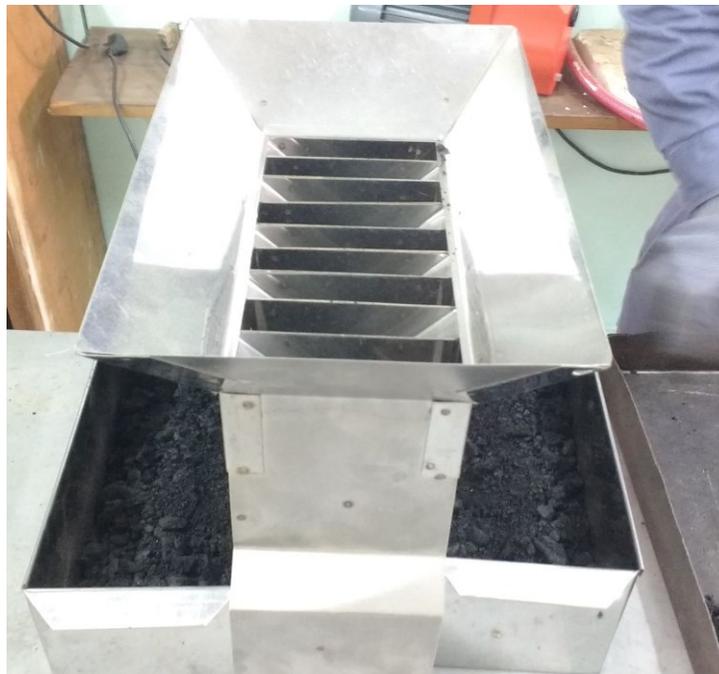


Figura 6.30: Cuarteo de la muestra. – Fuente: Elaboración Propia.

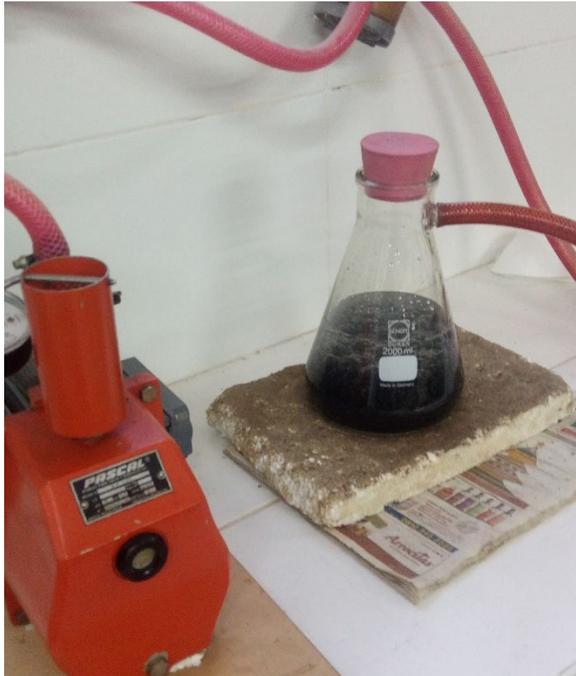


Figura 6.31: Obtención de Densidad Rice con Kitasato. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.32: Equipo usado para medir la Estabilidad. – Fuente: Elaboración Propia.

## 6.5 OTRAS EXPERIENCIAS

Durante el paso por el laboratorio además de realizar los ensayos previamente mencionados, la alumna tuvo la posibilidad de participar en distintos ensayos que, si bien no se correlacionaban con la obra descrita en esta PS, sirven de experiencia para la vida profesional.

### 6.5.1 Estabilización de Suelo A4 con Cemento y con Cal

Este es un caso de mejoramiento físico-químico, en el cual se le agrega un ligante hidráulico (cal o cemento), con lo que se baja la plasticidad. El proceso se realiza con el fin de mejorar parámetros como cohesión, impermeabilidad, etc., de forma que el suelo cumpla con los requisitos deseados para uso vial.

Para este caso, se dispuso de un suelo tipo A4 con el que se prepararon 6 probetas: 3 de suelo cal y 3 de suelo cemento. El procedimiento consto de humectar el suelo y añadir el ligante hidráulico en una proporción equivalente al 10% del peso de suelo. Luego, se prepararon las probetas en base a la norma VN-E19-66 de "Compactación de mezclas de suelo". Los equipos a utilizar fueron el método A para la muestra de suelo-cemento y el método C para la muestra de suelo-cal, citados en la tabla 6.3. Una vez realizados los pastones, se ensayaron a compresión a 7, 14 y 28 días.

Se pueden ver imágenes de la realización de dicha experiencia en las siguientes figuras.



Figura 6.33: Preparación de la muestra de suelo cemento. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.34: Preparación de la probeta de suelo cal. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.35: Preparación de las probetas. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.36: Preparación de las probetas. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.37: Rotura de la probeta. – Fuente: Elaboración Propia.

### 6.5.2 Estudio de Encabezado de Probetas con diferentes materiales

Este experimento se basó en estudiar la variación de los métodos utilizados en las bases del ensayo a compresión y su influencia en el mismo. Siendo que usualmente el sistema de encabezado implica un mortero de azufre, se buscó evaluar el ensayo de las probetas mediante el uso de una pasta de yeso y placas de neopreno. El motivo de estudio de este ensayo radica en los múltiples estudios que hablan de la toxicidad a la que se expone el laboratorista al preparar el encabezado de azufre, por lo que se busca mediante materiales alternativos resultados similares al que este proporciona.

- Mortero de Azufre:



Figura 6.38: Encabezado de Mortero de Azufre. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.39: Ensayo a Compresión con encabezado de Mortero de Azufre. – Fuente: Elaboración Propia.

- Yeso de Alta Resistencia: Se uso la marca Capping Gypsum. Se hidrató el yeso en un 7% de su peso y se distribuyó en la base con un espesor de 6 mm.



Figura 6.40: Preparación del encabezado. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.41: Encabezado de Yeso de Alta Resistencia. – Fuente: Elaboración Propia



Figura 6.42: Ensayo a Compresión con encabezado de yeso. – Fuente: Elaboración Propia.

- Placas de Neopreno



Figura 6.43: Placas de Neopreno. – Fuente: Elaboración Propia.



Figura 6.44: Ensayo a Compresión con encabezado de Neopreno. – Fuente: Elaboración Propia.

Se pudo concluir luego de realizar los distintos ensayos que ambos materiales funcionaban y daban resultados parecidos o mejores al del mortero de azufre. Sin embargo, el comportamiento de las placas de neopreno tiene mejor rendimiento en cuanto economía dado que se pueden reutilizar en diferentes ensayos.

## ***CAPÍTULO 7: CONCLUSIÓN***

## 7.1 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS DEL INFORME

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 y equipamiento; y que aspectos se deben cuidar y controlar para garantizar la calidad de la obra, de forma de 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, es necesario desarrollar un espíritu crítico logrado a base de la experiencia. Esto juega un papel fundamental a la hora de tomar decisiones y lograr los objetivos planteados.

Con respecto a las tareas ejecutadas y a la obra en sí, en términos generales, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Los principales beneficios que se obtienen al realizar una obra de estas características, es de derivar las aguas urbanas de manera ordenada, favoreciendo a que las calles no sean destruidas por erosión y que las calzadas permanezcan en buen estado. También se cambia el paisaje urbanístico de la zona y el valor inmobiliario de las propiedades en donde se realizan dichas obras.
- Si bien se obtuvieron los resultados exigidos por el pliego, esto se logró luego de varias observaciones y rechazos de la cancha debido a un mal empleo de las maquinarias y en algunos sectores producto de contaminación orgánica del material.
- En lo que respecta a las operaciones de hormigonado, que fue realizada por una empresa subcontratada, tuvo un muy buen desempeño. Sin embargo, hubo contratiempos en cuanto a los avances, dado que el comitente tenía problemas de coordinación y organización en la ejecución de las capas previas.
- Se estima que el plazo de obra no podrá ser cumplido, ya que el avance real que presentaba la empresa con respecto al plan teórico mostraba una gran diferencia. Se destaca que en parte esto se debe a las condiciones climáticas, pero que en mayor medida se adjudica a la falta de logística de parte del comitente tanto para el ingreso de maquinaria como de material a la zona de obra.
- En la ejecución de tareas hubo mucho tiempo improductivo generado por imprevistos como rotura de máquinas y de cañerías existentes.
- En las obras urbanas, se presenta un gran desafío a la hora de tratar con los vecinos debido a su poca tolerancia a los ruidos de la maquinaria y las limitaciones al acceso a sus viviendas en periodos cortos de tiempo.
- Otra situación a destacar, es el contexto económico actual, el gradual aumento en los precios de los productos en general, y en particular en los insumos de la

construcción, trae aparejado una pérdida en las utilidades de las empresas. Para estas que, a través de la presentación de una oferta determinada, han sido beneficiadas con la adjudicación de una obra mediante un proceso licitatorio, con el correr del tiempo la suba de precios va disminuyendo su beneficio, pudiendo llegar a anularlo, o incluso verse superado por los costos. Si así fuera la empresa debería invertir más de lo que el contratante le pagaría para poder terminar la obra que se ha comprometido a realizar. En este caso, la licitación fue aprobada en 2018 previo a la corrida cambiaría lo que generó un daño económico tanto a esta como a otras empresas de la industria.

Como conclusión de este informe, es conveniente destacar que para la obtención de un buen pavimento acorde a las exigencias del proyecto, no basta con un mero control de calidad de los materiales empleados o de los resultados finales (ensayos de recepción), sino que es muy importante, vigilar, observar y si es necesario dirigir cada una de las tareas involucradas en las distintas etapas de conformación de la estructura, de esta manera, se logra evitar de antemano defectos o problemas en la calidad final de la estructura.

## **7.2 CONCLUSIONES REFERIDAS A LA PRACTICA SUPERVISADA Y AL EJERCICIO PROFESIONAL**

A modo de cierre de este trabajo y como conclusión personal con respecto a la Práctica Profesional Supervisada, se puede decir que se cumplieron los objetivos planteados. Se pudieron aplicar los conocimientos adquiridos en diversas materias del cursado de la carrera; desarrollar un pensamiento crítico para planear soluciones, exponer y defender conceptos frente a otros profesionales; y a su vez trabajar en equipo junto a distintos profesionales e instituciones.

Por otro lado, se pone en manifiesto la gran oportunidad que representa esta Práctica como experiencia de la vida profesional. El programa desarrollado por la cátedra da la posibilidad de adquirir aptitudes fuera del ámbito académico otorgando confianza para el desempeño futuro y proponiendo al estudiante una salida laboral más accesible.

Finalmente, resulta muy importante destacar la importancia de la ingeniería civil en la sociedad. Siendo que el desarrollo de los países está vinculado a la evolución e inversión en infraestructura, ciencia y tecnología. Se debe tener conciencia de que la Ingeniería Civil, independientemente de su especialidad es un vehículo unificador para facilitar cambios en el medio y en la sociedad. Es por eso, que, a modo de crítica constructiva hacia la comunidad educativa, se propone que se inculque al estudiante un enfoque más comunitario y no sólo técnico.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- **Pliego de especificaciones técnicas. Municipalidad de la ciudad de Córdoba.**
- **“Normas para la presentación de Proyectos de Infraestructura Vial y de drenaje”- Dirección de Obras Viales de la Municipalidad de Córdoba.**
- **“Normas de ensayo”- Dirección Nacional de Vialidad.**
- **“Normas IRAM” en sus artículos 1532,1536 y 1546.**
- **Principios de Diseño Geométrico Vial Tomo I y II (2017). Berardo, Baruzzi, Vanoli, Freire, Tartabini, Dapás**
- **“Precio y Costo de las Construcciones” (2018) Armesto, Delgadino, Alvarellos, Bracamonte, Albrisi, Arranz. Editorial Alejandría.**
- **Apuntes de la cátedra de “Transporte III” (2018). Universidad Nacional de Córdoba.**
- **Apuntes de la cátedra de “Planeamiento y Urbanismo” (2018). Universidad Nacional de Córdoba.**
- **Apuntes de la cátedra de “Ingeniería Sanitaria” (2018). Universidad Nacional de Córdoba.**
- **Apuntes de la cátedra de “Legislación y Ética Profesional” (2017). Universidad Nacional de Córdoba.**

## **ANEXOS**

Planimetría General.....	1
Planialtimetría- Calle Santa Teresita.....	2
Planialtimetría- Calle Luis Güemes 1.....	3
Planialtimetría- Calle Luis Güemes 2.....	4
Planialtimetría- Calle Punta del Este 1.....	5
Planialtimetría- Calle Punta del Este 2.....	6
Planialtimetría- Calle Atlántica .....	7
Planialtimetría- Calle San Cayetano 1 .....	8
Planialtimetría- Calle San Cayetano 2 .....	9
Planialtimetría- Calle Nicolas de Bari 1 .....	10
Planialtimetría- Calle Nicolas de Bari 2.....	11