

## 1. AGRADECIMIENTO

Agradezco a

- Mis padres, Edmond y Estela Maris, por haberme dado la oportunidad de poder realizar mis estudios y brindarme todo el apoyo en esta etapa importante de mi vida.
- Mi hermano Alex, por haberme acompañado y apoyado desde el inicio hasta el final de la carrera.
- Mi novia Jacqueline, por su apoyo incondicional durante gran parte de mis estudios.
- Mis amigo de la vida, por haberme acompañado y apoyado durante todo este proceso.
- Mis amigos facultativos, por haber sido parte de esta etapa, compartiendo y apoyando en cada momento.
- Al Ing. Hillman, Gerardo Daniel, por haberme dado la oportunidad de realizar la Práctica Supervizada dentro de HM Ingeniería SA, y por dejarme ser parte de dicha empresa.
- A Lopez, Cesar, por haberme acompañado y apoyado durante la realización de la práctica en obra.
- Al Mgter. Ing. Baruzzi, Alejandro, por su predisposición como tutor en esta práctica.
- A la Universidad Nacional de Córdoba, precisamente a la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, por la formación profesional y personal de manera gratuita.

Riachi, Elías Agustín.

## 2. RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla en el marco de la Práctica Supervisada realizada por el autor, alcanzando como objetivo general abordar e incursionar en una experiencia laboral y profesional integrando aspectos cotidianos y propios del ingeniero de obra, aplicando los conceptos adquiridos durante los años de estudio de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

Dicho trabajo está referido al Relevamiento Topográfico y Control de Calidad del paquete estructural de la obra de Pavimentación del barrio Estación Flores y Villa Aspacía de la Ciudad de Córdoba.

Esta obra consiste en la ejecución de pavimentos flexibles y rígidos, conjuntamente con la construcción de cordones cuneta y bocacalles, es decir aquellas necesarias para garantizar un adecuado escurrimiento de las aguas.

La intención de estas obras en la Ciudad de Córdoba es plasmar principios de urbanización básicos y fundamentales: concretar las líneas y niveles definitivos, asegurar los desagües, permitir la construcción de veredas de carácter permanente, etc.; brindando un mayor grado de consolidación de la urbanización existente.

## ÍNDICE

<b>1. AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. RESUMEN .....</b>	<b>2</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1. GENERALIDADES DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA.....</b>	<b>9</b>
<b>3.2. OBJETIVOS PERSONALES .....</b>	<b>10</b>
<b>3.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO .....</b>	<b>10</b>
<b>4. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....</b>	<b>11</b>
<b>4.1. UBICACIÓN DE LA OBRA.....</b>	<b>17</b>
<b>4.2. OBJETO DE LA OBRA .....</b>	<b>18</b>
<b>4.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES .....</b>	<b>19</b>
4.3.1. DESMONTE .....	19
4.3.1.1. DESCRIPCIÓN.....	19
4.3.1.2. CLASIFICACIÓN .....	19
4.3.1.3. EJECUCIÓN.....	20
4.3.1.4. EQUIPO.....	21
4.3.1.5. CÓMPUTO Y CERTIFICACIÓN.....	21
4.3.2. SUBRASANTE .....	22
4.3.2.1. DESCRIPCIÓN.....	22
4.3.2.2. MATERIAL DE LA SUBRASANTE.....	22
4.3.2.3. EXCAVACIÓN Y EJECUCIÓN DE LA SUBRASANTE.....	22
4.3.2.4. TOLERANCIAS .....	23
4.3.2.5. CÓMPUTO Y CERTIFICACIÓN.....	23
4.3.3. BASE O SUBBASE GRANULAR .....	23
4.3.3.1. DESCRIPCIÓN.....	23
4.3.3.2. MATERIALES.....	23
4.3.3.3. MEZCLAS.....	25
4.3.3.4. CÓMPUTO Y CERTIFICACIÓN.....	26
4.3.4. DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE ESTRUCTURAL .....	26
4.3.4.1. PAVIMENTO FLEXIBLE.....	27
4.3.4.2. PAVIMENTO RÍGIDO.....	28
4.3.4.3. CORDÓN CUNETAS TIPO UNIFICADO .....	29
4.3.4.4. BOCACALLES DE HORMIGÓN .....	29

# RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

---

4.3.5.	REPLANTEO, NIVELACIÓN Y SONDEOS .....	31
<b>5.</b>	<b>RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO .....</b>	<b>32</b>
<b>5.1.</b>	<b>NIVELACIÓN .....</b>	<b>32</b>
<b>5.2.</b>	<b>TIPOS DE NIVELACIÓN .....</b>	<b>32</b>
5.2.1.	NIVELACIÓN GEOMÉTRICA .....	32
5.2.2.	NIVELACIÓN GEOMÉTRICA COMPUESTA O LINEAL .....	34
5.2.3.	ERRORES EN LA NIVELACIÓN GEOMÉTRICA .....	35
5.2.3.1.	SISTEMÁTICOS .....	35
5.2.3.2.	GROSEROS O EQUIVOCACIONES .....	36
5.2.3.3.	ACCIDENTALES .....	36
5.2.4.	NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE SUPERFICIE .....	36
5.2.5.	NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA.....	36
<b>5.3.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTAL UTILIZADO .....</b>	<b>37</b>
5.3.1.	NIVEL ÓPTICO .....	37
5.3.1.1.	PARTES DEL NIVEL ÓPTICO AUTOMÁTICO.....	38
5.3.1.2.	UTILIZACIÓN DEL NIVEL ÓPTICO AUTOMÁTICO.....	41
5.3.1.3.	CONSEJOS ÚTILES PARA EL USO DE NIVELES ÓPTICOS .....	43
5.3.2.	TRÍPODE.....	44
5.3.3.	MIRA TELESCÓPICA .....	45
<b>5.4.</b>	<b>TAREAS DE NIVELACIÓN REALIZADAS EN OBRA .....</b>	<b>47</b>
5.4.1.	RED DE PUNTOS FIJOS.....	47
5.4.2.	RELEVAMIENTO DE UMBRALES, DESAGUES Y CALLES CONSTRUIDAS.....	50
5.4.3.	MODIFICACIÓN DE LAS COTAS DEL PROYECTO .....	53
5.4.4.	PROCEDIMIENTO PARA NIVELACIÓN DE CALLES .....	54
5.4.4.1.	DESMONTE .....	55
5.4.4.2.	SUBRASANTE .....	57
5.4.4.3.	SUBBASE GRANULAR.....	59
5.4.4.4.	CORDÓN CUNETA.....	61
5.4.4.5.	BOCACALLES.....	63
5.4.4.6.	CALLES DE HORMIGÓN.....	65

<b>6. CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL.....</b>	<b>67</b>
<b>6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....</b>	<b>67</b>
6.1.1. NORMA DE ENSAYO VN-E5-93. ENSAYO PROCTOR .....	67
6.1.2. NORMA DE ENSAYO VN-E8-66. CONTROL DE COMPACTACIÓN POR EL MÉTODO DE LA ARENA.....	69
<b>6.2. CONTROL EN SUBRASANTE.....</b>	<b>71</b>
<b>6.3. CONTROL EN SUBBASE Y BASE GRANULAR .....</b>	<b>72</b>
<b>7. INFORME DE AVANCE DE OBRA.....</b>	<b>75</b>
7.1. PLANIMETRÍA GENERAL DE LA OBRA.....	75
7.2. ESPESORES .....	77
7.3. ENSAYOS DE DENSIDADES .....	79
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>81</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>82</b>
<b>10. ANEXOS .....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Calles de los barrios Estación Flores y Villa Aspacía. ....	12
Figura 2. Planimetría General del barrio Estación Flores. ....	14
Figura 3. Planimetría de la calle Estocolmo. ....	15
Figura 4. Planimetría de la calle Estocolmo. ....	16
Figura 5. Ubicación de los barrios en la ciudad de Córdoba. ....	17
Figura 6. Barrio Estación Flores y Villa Aspacía. ....	17
Figura 7. Perfil tipo para Pavimento Flexible. ....	27
Figura 8. Perfil tipo para Pavimento Rígido. ....	28
Figura 9. Cordón Cuneta Tipo Unificado. ....	29
Figura 10. Detalle de Bocacalle. ....	29
Figura 11. Detalle de Junta de Construcción. ....	30
Figura 12. Obtención del desnivel entre dos puntos. ....	33
Figura 13. Replanteo de la cota en un punto desconocido. ....	33
Figura 14. Materialización de una cota. ....	34
Figura 15. Nivelación geométrica compuesta o lineal. ....	35
Figura 16. Nivelación trigonométrica. ....	37
Figura 17. Partes de un nivel óptico automático. ....	38
Figura 18. Nivel óptico Topcon ATB2. ....	41
Figura 19. Nivelación del nivel óptico. ....	42
Figura 20. Coincidencia entre la cruz reticular y la mira telescópica. ....	43
Figura 21. Trípode de aluminio. ....	45
Figura 22. Mira telescópica. ....	46
Figura 23. Ubicación de la cota del PC. ....	47
Figura 24. Red de PF. ....	49
Figura 25. Planilla para relevamiento de umbrales y desagües. ....	50
Figura 26. Cotas de umbrales, desagües y PC. ....	52
Figura 27. Nuevas cotas y sentido de escurrimiento de las aguas de lluvia. ....	53
Figura 28. Ancho total a desmontar. ....	56
Figura 29. Desmonte de la calle Berna entre San Marino y Bonn. ....	57
Figura 30. Planilla para nivelación de subrasante. ....	58
Figura 31. Nivelación de la subrasante de la calle San Marino entre Varsovia y Praga. ....	59
Figura 32. Planilla para nivelación de subbase. ....	60
Figura 33. Nivelación de la subbase de la calle San Marino entre Berna y Copenhague. ....	61
Figura 34. Planilla para nivelación de rasante. ....	62
Figura 35. Nivelación del cordón cuneta de la calle San Marino entre Varsovia y Praga. ....	63
Figura 36. Bocacalle Berna y Ámsterdam. ....	64
Figura 37. Bocacalle Berna y Ámsterdam. ....	65
Figura 38. Hormigón de media calzada de la calle Los Pinos entre Avdor. Locatelli y Casavega. ....	66
Figura 39. Ensayo de densidad de subrasante de la calle Bonn entre Berna y Berlín. ....	72

## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

---

Figura 40. Ensayo de densidad de subbase de la calle Tallin entre Berlín y De Isasi.	73
Figura 41. Planilla para el control de compactación. ....	74
Figura 42. Situación en que se encuentra cada calle de los barrios. ....	76
Figura 43. Cordón cuenta de la calle Bonn entre De Isasi y Arias. ....	77
Figura 44. Espesor del hormigón de la bocacalle de Copenhague, Bonn y De Isasi... ..	78
Figura 45. Espesor del desmonte de la calle De Isasi entre Varsovia y Tirana. ....	78
Figura 46. Planillas de ensayos de densidades. ....	79
Figura 47. Ensayo de Base granular en la calle Ámsterdam entre Avdor. Petirosi y Berna. ....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Barrio, superficie, número de viviendas y población beneficiada.....	11
Tabla 2. PF, Cota y Referencia.....	48

### **3. INTRODUCCIÓN**

#### **3.1. GENERALIDADES DE LA PRÁCTICA SUPERVISADA**

El presente informe técnico fue resultado de todas las actividades realizadas durante la práctica profesional supervisada. Las tareas llevadas a cabo en este proceso se basaron en resolver una actividad profesional, respondiendo a la formación académica obtenida, implicando de la mejor manera posible una transición del ámbito académico al profesional, lo cual fue acompañado por personas experimentadas y responsables.

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

- Brindar al estudiante experiencia práctica complementaria en la formación elegida, para su inserción en el ejercicio de la profesión, cualquiera sea su modalidad.
- Facilitar el contacto del estudiante con instituciones, empresas públicas o privadas o profesionales que se desempeñen en el ámbito de los estudios de la disciplina que realizan.
- Introducir en forma práctica al alumno en los métodos reales y códigos relativos de las organizaciones laborales.
- Ofrecer al estudiante y profesores experiencias y posibilidades de contacto con nuevas tecnologías.
- Contribuir con la tarea de orientación del alumno respecto a su ejercicio profesional.
- Desarrollar actividades que refuercen la relación Universidad – Medio Social, favoreciendo el intercambio y enriquecimiento mutuo.
- Redactar informes técnicos convenientemente fundamentados acerca de la práctica propuesta y los resultados de su realización.

### **3.2. OBJETIVOS PERSONALES**

Por parte del autor, se plantearon, los siguientes objetivos personales:

- Completar la formación académica con experiencia laboral supervisada, afianzando los conocimientos adquiridos durante la carrera.
- Integrarse a un equipo de trabajo interactuando con profesionales como parte de un grupo de trabajo multidisciplinario.
- Aplicar los conocimientos y habilidades aprendidas en la carrera profesional.
- Comprender la responsabilidad que implicó el desarrollo de una actividad profesional y las decisiones tomadas en cada paso de un proyecto.
- Tomar conciencia sobre los plazos de obra y conceptos técnicos – económicos que se manejan en esta clase de obras.
- Interactuar con el personal de la obra para lograr un buen desenvolvimiento en el campo laboral.
- Adquirir experiencia laboral en obras de ingeniería.

### **3.3. OBJETIVOS DEL TRABAJO**

- Realizar tareas de nivelación y replanteo planialtimétrico del terreno.
- Realizar el relevamiento de umbrales, desagües e interferencias.
- Verificar si el proyecto concuerda con la realidad.
- Controlar la calidad del paquete estructural mediante la ejecución de ensayos de laboratorio.

## 4. GENERALIDADES DEL PROYECTO

La ejecución de la obra de pavimento en los barrios Estación Flores y Villa Aspacia, ubicados al Suroeste de la ciudad de Córdoba, cuyo costo será financiado por la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda; dependiente de la Secretaría de Obras Públicas del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios; tiene como objetivo lograr una significativa mejora en el drenaje superficial de aguas pluviales, mejorando además el tránsito vehicular y peatonal, y reduciendo los costos actuales de mantenimiento (perfilado de calles de firme natural). Adicionalmente, quedarán materializadas las líneas de vereda, brindando un mayor grado de consolidación de la urbanización existente.

Las principales características de estos barrios se resumen a continuación en la TABLA 1 donde se muestra la superficie, número de viviendas y población de los barrios Estación Flores y Villa Aspacia:

<b>Barrio</b>	<b>Sup. [Has]</b>	<b>N° Viviendas</b>	<b>Población [hab]</b>
Estación Flores	62.6	788	3.319
Villa Aspacia	40.8	453	1.837

Tabla 1. Barrio, superficie, número de viviendas y población beneficiada.

Estos barrios se caracterizan por tener un gran porcentaje de inmuebles de bajo valor, con un índice de hacinamiento “alto” (del orden de 5 hab. /Vivienda), y con un nivel de estudios universitarios de su población calificado como “bajo” según datos disponibles del censo de población (2001).

A continuación se enumeran la totalidad de las calles en las que se ejecutaran cordón cuneta y carpeta asfáltica según proyecto.

- Barrio Estación Flores:
  - Riga e/ Circunvalación y Dublín.
  - Riga e/ Bruselas y R. Arias.
  - Tirana e/ Circunvalación y R. Arias.
  - Bucarest e/ Circunvalación y R. Arias.
  - Ámsterdam e/ Circunvalación y R. Arias.
  - Estocolmo e/ Rotonda y R. Arias.
  - Pasaje 1 e/ Praga y Dublín.
  - San Marino e/ Circunvalación y R. Arias.
  - Bonn e/ Circunvalación y R. Arias.
  - Tallin e/ Circunvalación y R. Arias.
  - Luxemburgo e/ Tallin y Estocolmo.
  - Praga e/ Tallin y Riga.
  - Dublín e/ Tallin y Riga.



## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

---

Con la ejecución de la obra resulta beneficiada aproximadamente un tercio de la superficie de Barrio Villa Aspacia, y la superficie completa de barrio Estación Flores, por lo que estimando de manera análoga la cantidad de beneficiarios de la obra, se alcanza la cantidad de 1.241 viviendas y 5.156 habitantes.

Además, dentro del límite de barrios citados se ubica un centro de salud municipal (UPAS), y dos establecimientos provinciales (nivel inicial y primario).

El Plazo de ejecución de la presente obra es de 300 (Trescientos) días calendarios.

A continuación se presentara la Planimetría General del barrio Estación Flores seguida de la Planimetría de una de sus calles, como por ejemplo, la calle Estocolmo.

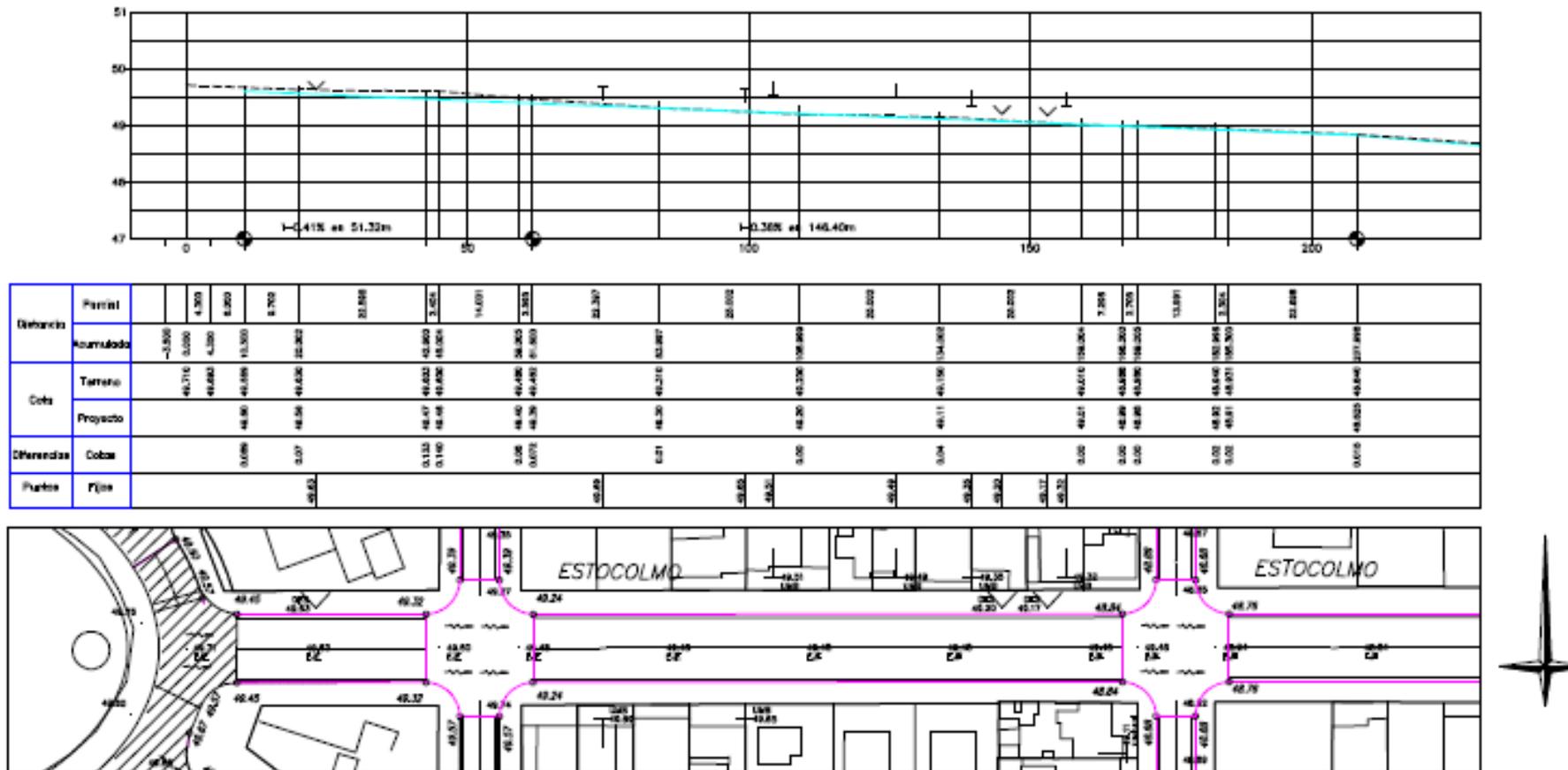
En la Figura 2 se muestra la Planimetría General del barrio Estación Flores y en la Figura 3 y 4 se muestra la Planimetría de la calle Estocolmo de dicho barrio.

En la planimetría general del barrio se pueden apreciar que las calles sombreadas son las calles que ya están construidas.

Para mayor información en el anexo se encuentran los planos completos de la obra.



Figura 2. Planimetría General del barrio Estación Flores.



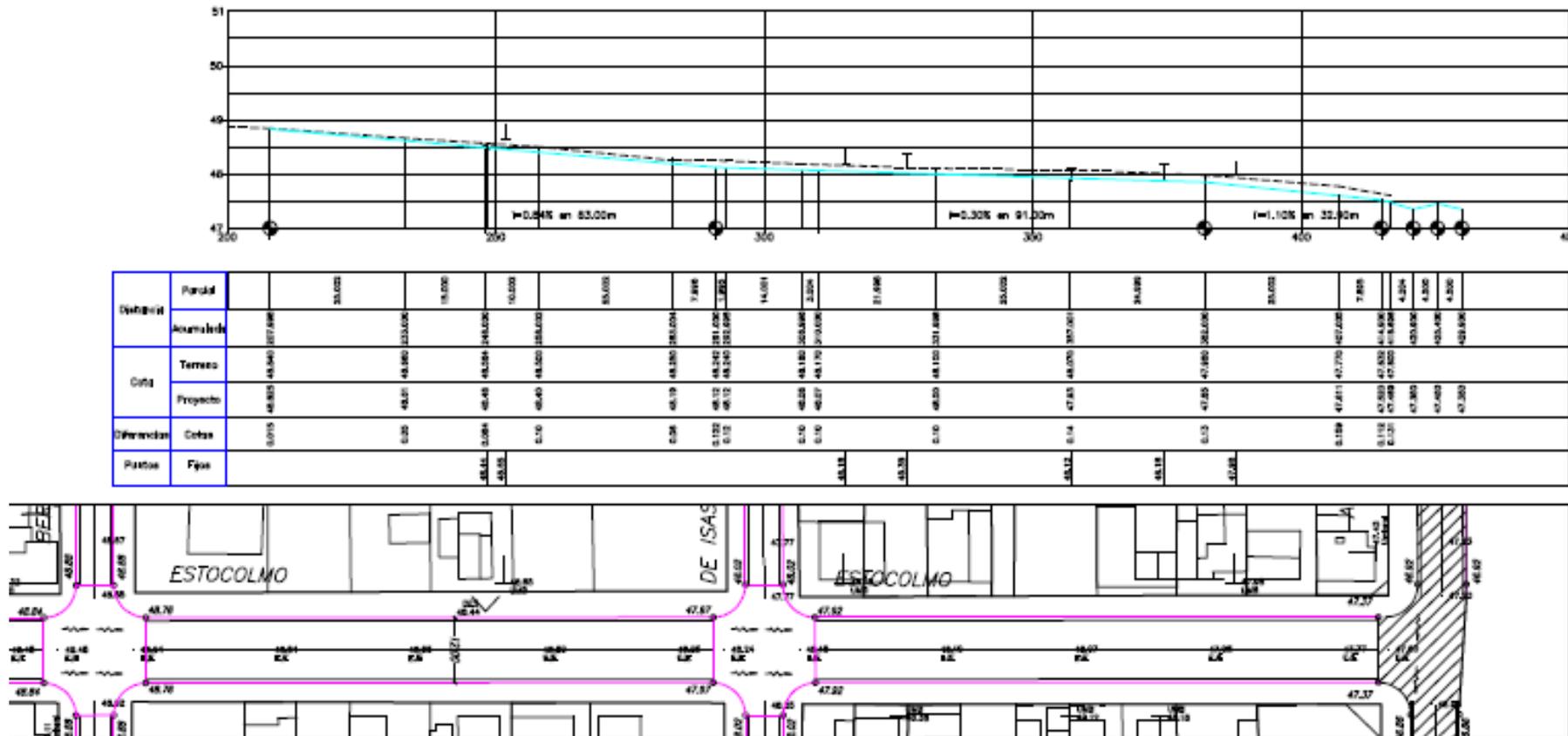


Figura 4. Planimetría de la calle Estocolmo.

## 4.1. UBICACIÓN DE LA OBRA

Los barrios Estación Flores y Villa Aspasia se encuentran ubicados al Suroeste de la ciudad de Córdoba.

En la Figura 5 se muestra la ubicación de los barrios en dicha ciudad.

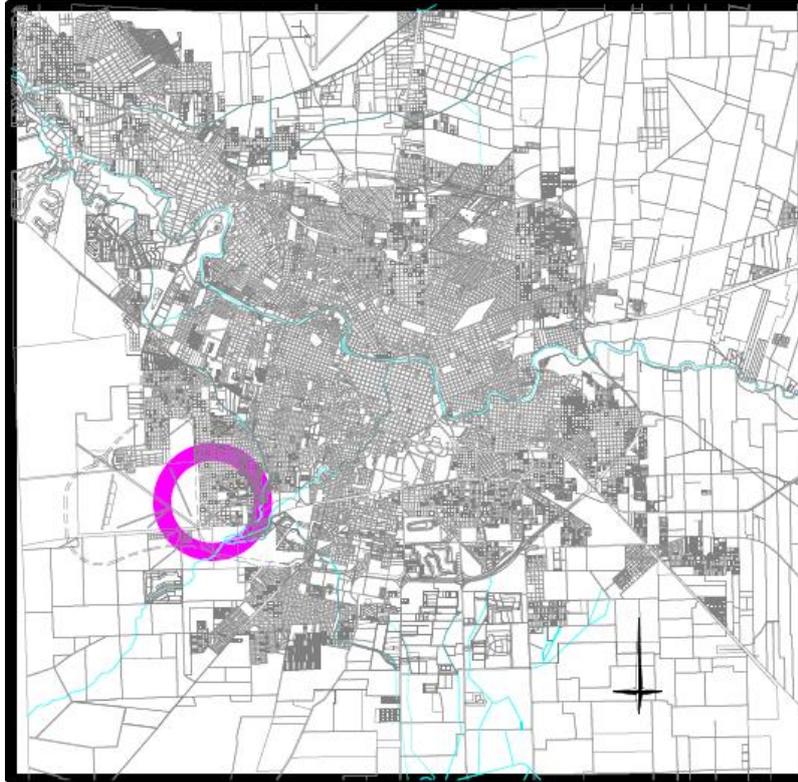


Figura 5. Ubicación de los barrios en la ciudad de Córdoba.

En la Figura 6 se muestran dichos barrios



Figura 6. Barrio Estación Flores y Villa Aspasia.

## 4.2. OBJETO DE LA OBRA

Comprende la provisión, colocación y puesta en servicio de todos los materiales enunciados en el proyecto de la obra, en un todo de acuerdo a lo estipulado en la Memoria Descriptiva, planos, pliegos y planillas que lo integran.

La provisión de materiales y/o ejecución de trabajos que sin estar expresamente indicados en el proyecto, fueran necesarios e indispensables a juicio de la Repartición para que la obra resulte completa, serán realizados por el contratista con todos los accesorios para el correcto funcionamiento, no pudiendo el adjudicatario conceptuar como adicionales dichas provisiones.

Los trabajos a ejecutar en virtud del contrato a celebrar, son los siguientes:

- Nivelación completa de la traza con el objeto de abalizar los vértices y puntos de la traza y la colocación de mojones como puntos fijos para la ejecución de la obra.
- 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.
- Rotura extracción y traslado del material que fuera necesario.
- El movimiento de suelo que fuera necesario para llegar a cota de apoyo del paquete estructural proyectado.
- El desmantelamiento y extracción de todo elemento que obstaculice la ejecución de la obra (árboles, postes de H<sup>o</sup> o madera con sus respectivos sostenes, alambrados, veredas, etc.) y su posterior reposición.
- 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.
- El movimiento de suelo que fuera necesario para llegar a cota de apoyo del paquete estructural proyectado.
- Preparación y compactación de la subrasante en 0.15 metros de espesor, según los perfiles transversales indicados en planos.
- Ejecución de las sub- bases y bases granulares y carpeta asfáltica incluyendo la provisión de los materiales, según los perfiles transversales indicados en planos
- Ejecución del cordón cuneta y bocacalles de hormigón simple de 0.15 m de espesor de acuerdo a lo indicado en planos de proyecto, incluyendo la provisión de los materiales.

- La conservación de las obras durante su ejecución y durante el plazo de garantía.
- Todos los trabajos necesarios para la completa y correcta terminación de las obras a ejecutar, en correspondencia a los a que aquellas estén destinadas.

### **4.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

A continuación se darán las especificaciones técnicas particulares del pliego en relación a: Movimiento de Suelo; Excavación y Ejecución de Subrasante; Ejecución de Base o Subbase Granular; Descripción del Paquete Estructural; Replanteo, Nivelación y Sondeos.

#### **4.3.1. DESMONTE**

##### ***4.3.1.1. DESCRIPCIÓN***

Este trabajo consistirá en el movimiento de suelo necesario para la construcción de la obra vial, e incluirá la limpieza del terreno dentro de la zona de obra, la ejecución de desmontes, la construcción, profundización y rectificación de cunetas; la apertura de préstamos para la extracción de suelos, la remoción de materiales para destapes de yacimiento; el transporte y acopio en su lugar de destino de los materiales provenientes de estos trabajos; la formación de terraplenes, rellenos y banquetas utilizando los productos excavados, y todo otro trabajo de excavación ó utilización de materiales excavados no incluidos en otro ítem del contrato y necesario para la terminación de la obra de acuerdo con los perfiles e indicaciones de los planos, las especificaciones respectivas y las órdenes de la Inspección.

Incluirá asimismo la conformación, el perfilado y la conservación de taludes, banquetas, calzadas, subrasantes, cunetas, préstamos y demás superficies formadas con los productos de la excavación o dejadas al descubierto por las mismas. Asimismo será parte de este ítem todo desbosque, destronque, limpieza y preparación del terreno, en aquéllos sitios en los cuales su pago no esté previsto por ítem separado.

##### ***4.3.1.2. CLASIFICACIÓN***

Toda excavación de materiales llevada a cabo de acuerdo con los requisitos de esta especificación será considerada como "Excavación no clasificada"; esta consistirá en la excavación de todo material encontrado, sin tener en cuenta su naturaleza ni los medios empleados en su remoción.

#### **4.3.1.3. EJECUCIÓN**

Se ejecutarán los trabajos de movimiento de suelo de forma de obtener una sección transversal terminada de acuerdo con las indicaciones de los planos y órdenes de la Inspección; no se deberá, salvo orden expresa escrita de la Inspección, efectuar excavaciones por debajo de la cota de subrasante proyectada, ni por debajo de las cotas de fondo de desagüe indicadas en los planos; ni se permitirá la extracción de suelos en la zona de la obra excavando una sección transversal mayor a la máxima permitida ni profundizando las cotas de cuneta por debajo de las cotas de desagüe indicada en los planos. La Inspección podrá exigir la reposición de los materiales indebidamente excavados, estando el Contratista obligada a efectuar este trabajo a su exclusiva cuenta.

El Contratista deberá notificar a la Inspección, con la antelación suficiente, el comienzo de todo trabajo de movimiento de suelos, con el objeto de que aquélla realice las mediciones previas necesarias de manera que sea posible determinar posteriormente el volumen excavado.

Las cunetas, zanjas canales, desagües y demás excavaciones, deberán ejecutarse con anterioridad a los demás trabajos de movimiento de suelos o simultáneamente con éstos. Durante los trabajos de excavación y formación de terraplenes, la calzada y demás partes de la obra deberán tener asegurado su correcto desagüe en todo el tiempo.

Si a juicio de la Inspección el material a la cota de subrasante no fuera apto, la excavación se profundizará en todo el ancho de la calzada hasta 0,30 mts. como mínimo por debajo de tal cota de subrasante proyectada y se rellenará con suelo que satisfaga las condiciones de aptitud, rigiendo para estos trabajos, lo especificado en el ítem "Excavación y Ejecución de Subrasante".

Todos los materiales aptos, producto de las excavaciones serán utilizados en la medida de lo posible en la conformación de terraplenes, banquetas, rellenos y en todo otro lugar de la obra indicado en los planos u ordenado por la Inspección. Todos los productos de excavación, remoción de pavimentos, tierra sobrante, cordones, que no sean utilizados, serán transportados hasta una distancia máxima de 15 Km. y dispuestos en forma conveniente en los lugares aprobados y ordenados para tal fin, debiendo tener apariencia prolija en su lugar de depósito y no ocasionar perjuicios a terceros.

Será responsabilidad del Contratista el conservar y proteger durante toda la obra el medio ambiente, incluyendo todas las especies vegetales y árboles que se indiquen en el proyecto u ordene la Inspección.

Todos los taludes de desmontes, zanjas y préstamos serán conformados y perfilados con la inclinación y perfiles indicados en los planos o fijados por la Inspección. Si las

condiciones lo permiten, deberán redondearse las aristas y disminuir la inclinación de los taludes aun cuando los planos no lo indiquen. Durante toda la construcción de la obra se la protegerá de los efectos de la erosión, socavaciones, derrumbes, etc. por los medios idóneos y necesarios para cada caso, como ser cunetas, zanjas provisionales, entibamientos, etc. Los productos de deslizamientos y derrumbes que se produzcan, deberán removerse y acondicionarse convenientemente en la forma que indique la Inspección.

Todos los préstamos se excavarán con formas regulares y serán conformados y perfilados cuidadosamente para permitir la exacta medición de la excavación. Las cotas de fondo de préstamo, se mantendrán de tal manera que permitan el correcto desagüe en todos sus puntos. No se deberán realizar excavaciones por debajo de las cotas que se indiquen en los planos o que fije la Inspección. Si se hubiere excavado por debajo de esas cotas indicadas en los planos o fijadas por la Inspección, sin que hubiere mediado orden expresa de la misma, el Contratista estará obligado a reponer a su exclusiva cuenta el material excavado con la densificación que se ordene. No se permitirá excavar préstamos con taludes de inclinación mayor de 45° salvo autorización expresa de la Inspección y en zonas compatibles con la naturaleza del terreno; siendo responsabilidad del Contratista el adoptar los recaudos para garantizar la estabilidad de la obra en correspondencia con tales taludes. Los préstamos contiguos, de anchos o profundidades diferentes, deberán empalmarse con curvas o planos de transición suave. Todos los préstamos tendrán una inclinación transversal que aleje las aguas de la zona de calzada.

#### ***4.3.1.4. EQUIPO***

El Contratista deberá disponer en obra de los equipos necesarios para ejecutar los trabajos conforme a las exigencias de calidad especificadas, y en tipo y cantidad suficiente para cumplir con el plan de trabajos.

#### ***4.3.1.5. CÓMPUTO Y CERTIFICACIÓN***

Toda excavación realizada en la forma especificada, se computará por medio de secciones transversales y el volumen excavado se calculará por el método de la media de las áreas, expresándose en metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

Una vez efectuada la limpieza del terreno, y luego de finalizada la preparación de la subrasante, si correspondiera, se levantarán perfiles transversales que, conformados por la Inspección y el Contratista, servirán de base para la medición final. Los volúmenes excavados en exceso sobre lo indicado en los planos o lo autorizado por la Inspección, no se medirán ni recibirán pago directo alguno. El volumen de excavación medido en la forma indicada, se pagará por metro cúbico (m<sup>3</sup>) al precio unitario de contrato.

### **4.3.2. SUBRASANTE**

#### **4.3.2.1. DESCRIPCIÓN**

Se considera subrasante aquella porción de superficie que servirá de asiento o fundación a la o las capas de recubrimiento o firme a construir, conformando por lo tanto, la superficie de apoyo de la estructura del pavimento a ejecutarse sobre ella.

Las tareas de este rubro se refieren a la remoción de suelos no aptos o con excesos de humedad, que constituyen el apoyo del paquete estructural.

#### **4.3.2.2. MATERIAL DE LA SUBRASANTE**

Se considera material apto para subrasante, aquel que cumpla con las siguientes especificaciones:

- Suelos con valores de densidad mayores de  $1.700 \text{ kg/cm}^3$ .
- Límite Líquido: menor a 30.
- Índice Plástico: menor a 10.
- Libre de ramas, troncos, matas de hierbas u otros materiales orgánicos.
- La humedad admisible del suelo no podrá superar el 10% de la humedad óptima del mismo.

#### **4.3.2.3. EXCAVACIÓN Y EJECUCIÓN DE LA SUBRASANTE**

La subrasante será conformada y perfilada mediante nivelación, eliminando irregularidades en todo sentido para asegurar espesores correctos y uniformes de las capas que la recubrirán.

La compactación se realizará en capas de 15 cm de espesor, se iniciará inmediatamente de extendido el material y se efectuará con pisones neumáticos, planchas o rodillos vibradores, y solo en caso de ser imposible el uso de procedimientos mecánicos la inspección podrá permitir el empleo de pisones de mano.

Cada capa de suelo colocada deberá ser compactada hasta obtener el porcentaje de densidad que a continuación se indica con respecto a la máxima establecida por el ensayo que se especifica en la norma de ensayo VN-E-5-93.

El piso de excavación deberá ser compactado a una densidad de 90% de la densidad máxima.

Las capas siguientes hasta cota -0.30 m por debajo de la superficie de la subrasante se exigirá 92% de la densidad máxima.

Los últimos 0.30 m se deberá compactar al 95% de la densidad máxima.

#### **4.3.2.4. TOLERANCIAS**

El perfil de la subrasante será conformado y perfilado mediante nivelación eliminando irregularidades en todo sentido, para asegurar espesores correctos y uniformes de las capas que la recubrirán admitiéndose las siguientes tolerancias:

Diferencias de cotas entre bordes de la zona preparada no mayor al 4 o/oo. De no cumplirse, se deberá escarificar y corregir adecuadamente, no admitiéndose depresiones con capas de suelos de menos de 5 cm compactadas o en general con capas que no aseguren adecuadamente la adherencia con el material original.

#### **4.3.2.5. CÓMPUTO Y CERTIFICACIÓN**

El precio será compensación total por la preparación de la superficie a recubrir, la provisión, carga, transporte, descarga y acopio de todos los materiales intervinientes, mezclas y distribución de los materiales, humedecimiento, perfilado y compactación de la mezcla; acondicionamiento, señalización, conservación de los desvíos y riego con agua de los mismos; corrección de los defectos constructivos; y por todo otro trabajo, equipos y herramientas necesarias para la ejecución y conservación de los trabajos especificados y no pagados en otro ítem del contrato.

Los trabajos del presente ítem se medirán y pagarán por metro cúbico (m<sup>3</sup>) de subrasante preparada y compactada en un espesor de 0,15 o 0,20 metros según se indique en planos.

### **4.3.3. BASE O SUBBASE GRANULAR**

#### **4.3.3.1. DESCRIPCIÓN**

Estos trabajos consisten en la construcción de una base o sub-base constituida por agregados pétreos con o sin la incorporación de suelos. Incluye la provisión de los materiales intervinientes, su procesamiento, transporte y ejecución de la capa correspondiente. Comprende también la extracción de todo elemento que impida formar el paquete estructural.

#### **4.3.3.2. MATERIALES**

##### Agregados pétreos

Los agregados pétreos provendrán de la trituración de rocas sanas, naturales o artificiales, ripio, o canto rodado. Cuando el agregado provenga de la trituración de ripio o canto rodado, las partículas que se trituraren deberán estar retenidas en el tamiz de 38 mm, (1 ½") y deberán presentar un mínimo del 75 % de sus partículas con dos o más caras de fractura y el restante 25% por lo menos con una.

## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

---

El desgaste de los agregados pétreos, medido por el ensayo “Los Ángeles” (IRAM 1532), deberá ser menor de 35 para las capas de base y menor de 40 para las sub-bases. El valor de cubricidad, será mayor de 0,5 en todos los casos.

### Suelo seleccionado

El suelo a usar en las mezclas granulares para bases y sub-bases, será seleccionado, homogéneo, no debiendo contener raíces, matas de pasto, sustancias orgánicas ni otras materias extrañas putrescibles, debiendo cumplir con los siguientes requisitos:

Límite líquido: menor de 30

Índice Plástico: menor de 10

Sales totales: menor de 1,5%

Sulfatos: menor de 0,5%

En caso de contener terrones o elementos aglomerados, se lo deberá preparar en yacimiento o en los lugares de extracción, pulverizándolo adecuadamente de tal manera que una vez procesado, pase el 100% por el tamiz de abertura cuadrada de 1 pulgada y no menos de un 60% por el tamiz de abertura cuadrada nº 4 (4,76 mm).

### Arena silícea

Deberá cumplir con los siguientes requisitos:

Equivalente de Arena: mayor de 50

Índice de Plasticidad: menor de 6

Sales totales: menor de 1,5%

Sulfatos: menor de 0,5%

### Agua para la construcción

Será potable, proveniente de la red urbana. La potabilidad del agua deberá ser certificada por laboratorio competente en la materia. Caso contrario, se deberán realizar los ensayos de idoneidad de la misma.

### Cal Hidráulica

Provenirá de la cocción de calcáreos que contengan silicato de aluminio y magnesio y cuya extinción haya sido efectuada cuidadosamente en fábrica. La misma deberá proveerse en envases herméticos y depositarse en lugares secos al amparo de la intemperie.

#### 4.3.3.3. MEZCLAS

La Mezcla a utilizar en la base o subbase deberá satisfacer las exigencias que se establecen para los agregados pétreos, arena silíceo y suelos.

Las mezclas deberán situarse dentro de los entornos granulométricos y cumplir las especificaciones siguientes:

##### TAMICES PORCENTAJES DE PASANTES –IRAM

(1").....	100%
(3/4").....	70% - 100%
(3/8").....	50% - 80%
(Nº 4).....	35% - 65%
(Nº 10).....	25% - 50%
(Nº 40).....	15%- 30%
(Nº 200).....	5% -15%

Debiendo cumplir las siguientes exigencias:

##### BASE GRANULAR

Límite Líquido: menor de 25

Índice Plástico: menor de 6

Valor Soporte: mayor de 60%

Sales totales: menor de 0,9%

Sulfatos: menor de 0,3%

A la mezcla se le agregará cal hidráulica en una proporción comprendida entre el CUATRO por ciento (4%) y el OCHO por ciento (8%).

Los Valores Soporte indicados, deberán lograrse al 97% de la Densidad Seca Máxima obtenida acorde a la Norma de Ensayo VN - E5 - 93, "Compactación de Suelos" empleando el Método de Ensayo VN, (VN: Vialidad Nacional).

Para cada capa (base y subbase) se exigirá un grado de compactación del 97% (noventa y siete por ciento) de la Densidad Máxima obtenida como se indica precedentemente.

Las tolerancias admisibles con respecto a la granulometría aprobada por la Fórmula de Mezcla son:

- Bajo la criba (1 ½") y hasta el tamiz (3/8") inclusive: más/menos7%.

- Bajo la criba (3/8") y hasta el tamiz (Nº 10) inclusive: más /menos 6%.

- Bajo la criba (Nº 10) y hasta el tamiz (Nº 40) inclusive: más /menos 5%.

- Bajo tamiz (Nº 40): más/menos 3 %.

Estas tolerancias definen los límites granulométricos a emplear en los trabajos, los cuales se hallarán a su vez entre los límites granulométricos que se fijan en esta especificación.

La forma de la curva granulométrica deberá armonizar con las curvas límites del entorno, no debiendo presentar quiebres ni inflexiones, ser cóncava y no diferir marcadamente de las que puedan teóricamente interpolarse entre dichos límites.

#### **4.3.3.4. CÓMPUTO Y CERTIFICACIÓN**

El pago por la ejecución de bases o sub-bases medidos en la forma especificada, salvo especificación en contrario que se establezca en el Pliego Particular de cada obra, se realizará a los precios unitarios de contrato por metro cúbico (m<sup>3</sup>).

Estos precios serán compensación total por la preparación de la superficie a recubrir, la provisión, carga, transporte, descarga y acopio de todos los materiales intervinientes, mezclas y distribución de los materiales, humedecimiento, perfilado y compactación de la mezcla; acondicionamiento, señalización, conservación de los desvíos y riego con agua de los mismos; corrección de los defectos constructivos; y por todo otro trabajo, equipos y herramientas necesarias para la ejecución y conservación de los trabajos especificados y no pagados en otro ítem del contrato.

#### **4.3.4. DESCRIPCIÓN DEL PAQUETE ESTRUCTURAL**

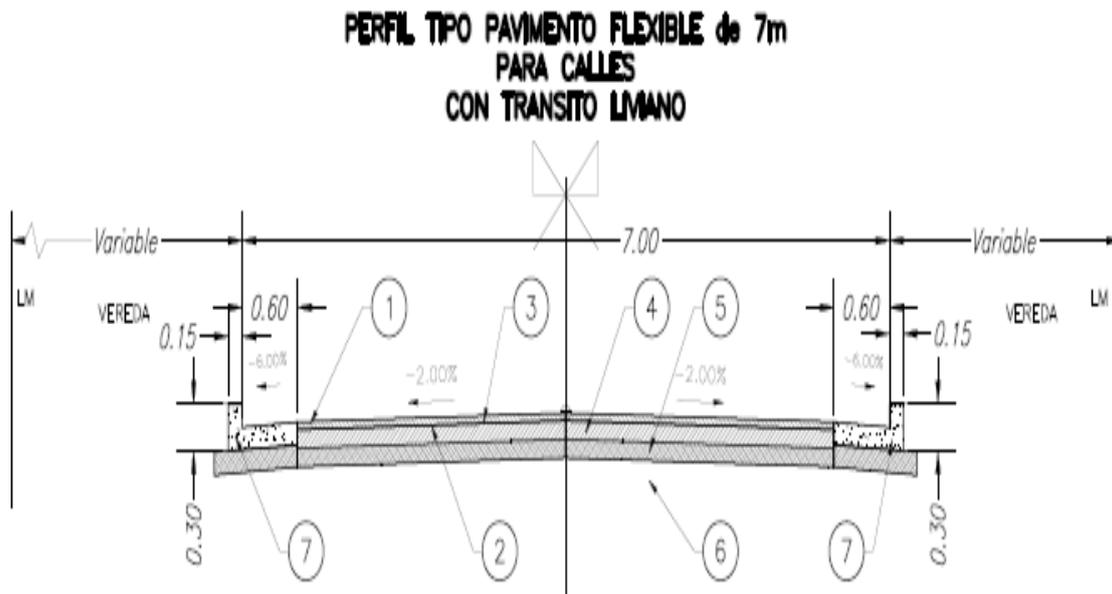
El paquete estructural fue diferente según el tipo de pavimento que se utilizó, ya sea rígido o flexible.

Las calles pavimentadas en el barrio Villa Aspacía fueron realizadas en su totalidad de pavimento rígido, mientras que las pavimentadas en el Barrio Estación Flores fueron realizadas en su totalidad de pavimento flexible.

A continuación se presentaran los perfiles tipo de cada uno de estos pavimentos, cordón cuneta y bocacalle con sus especificaciones.

#### 4.3.4.1. PAVIMENTO FLEXIBLE

En la Figura 7 se muestra el perfil tipo para Pavimento Flexible



1. Carpeta asfáltica de 0,05 m de espesor compactado. Cemento asfáltico de penetración 50-60. Compactación al 98% de la densidad Marshall con densificación de 50 golpes por cara de la probeta.
2. Riego de liga con asfalto diluido ER-1 a razón de 0,2 a 0,5 lts/m<sup>2</sup>.
3. Imprimación con asfalto diluido EM-1 a razón de 1,0 a 1,5 lts/m<sup>2</sup>.
4. Base granular de 0,12 m de espesor compactado con Densificación Máxima del Ensayo AASHTO T-180; con C.B.R no inferior al 80% a dicho valor de densificación.
5. Sub-base de suelo-arena (80% de arena silícea – 20% de suelo seleccionado) de 0,15 m de espesor compactado con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHTO T-180.
6. Sub-rasante compactada de 0,15 m de espesor con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHTO T-180; constituida por suelos con densidad no inferior al 1,7 kg/m<sup>3</sup> en el ensayo AASHTO T-99.
7. Cordón cuneta de hormigón de 0,15 m de espesor y 0,60 m de ancho. Tipo H II-E con resistencia media mínima a 28 días de 310 kg/cm<sup>2</sup> según Pliego General de Especificaciones Técnicas para obras viales y desagües pluviales de la Municipalidad de Córdoba.

8. Bocacalles y badenes serán de Hormigón de 15 cm de espesor.

#### 4.3.4.2. PAVIMENTO RÍGIDO

En la Figura 8 se muestra el perfil tipo para Pavimento Rígido.

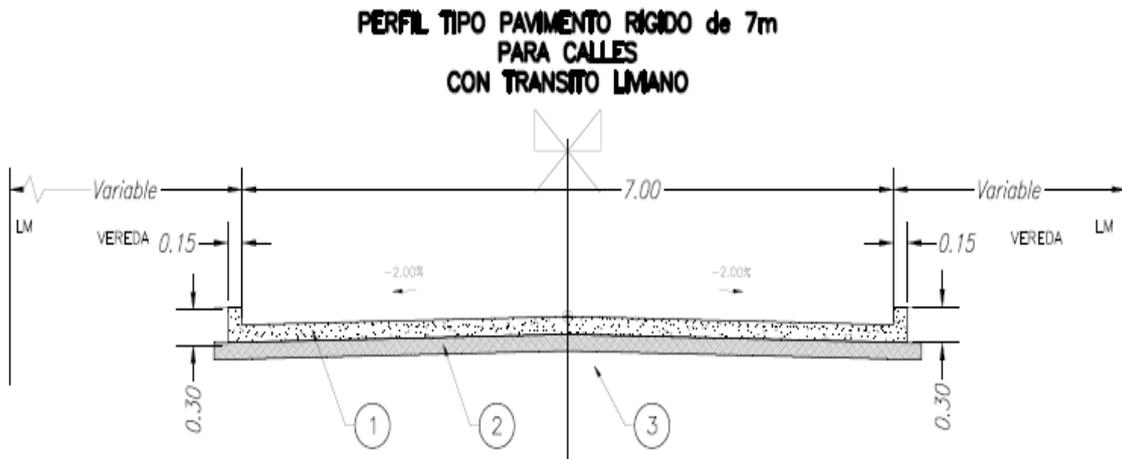
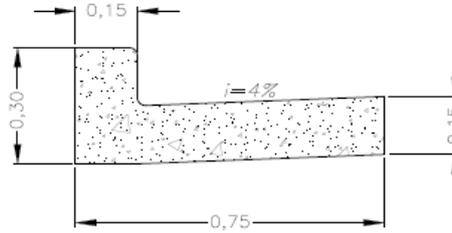


Figura 8. Perfil tipo para Pavimento Rígido.

1. Pavimento de Hormigón simple con cordón cuneta unificado de 0,15 m de espesor. Tipo H II-E con resistencia media mínima a 28 días de 310 kg/cm<sup>2</sup> según Pliego General de Especificaciones Técnicas para obras viales y desagües pluviales de la Municipalidad de Córdoba.
2. Sub-base de suelo-arena (80% de arena silíceo – 20% de suelo seleccionado) de 0,15 m de espesor compactado con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHTO T-180.
3. Sub-rasante compactada de 0,15 m de espesor con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHTO T-180; constituida por suelos con densidad no inferior al 1,7 kg/m<sup>3</sup> en el ensayo AASHTO T-99.
4. Bocacalles y badenes serán de Hormigón de 15 cm de espesor.

**4.3.4.3. CORDÓN CUNETA TIPO UNIFICADO**

En la Figura 9 se muestra el detalle del cordón cuneta tipo unificado con sus respectivas medidas y pendiente.



DETALLE CORDÓN CUNETA TIPO UNIFICADO

Figura 9. Cordón Cuneta Tipo Unificado.

**4.3.4.4. BOCALLES DE HORMIGÓN**

En la Figura 10 se muestra el detalle de bocacalle.

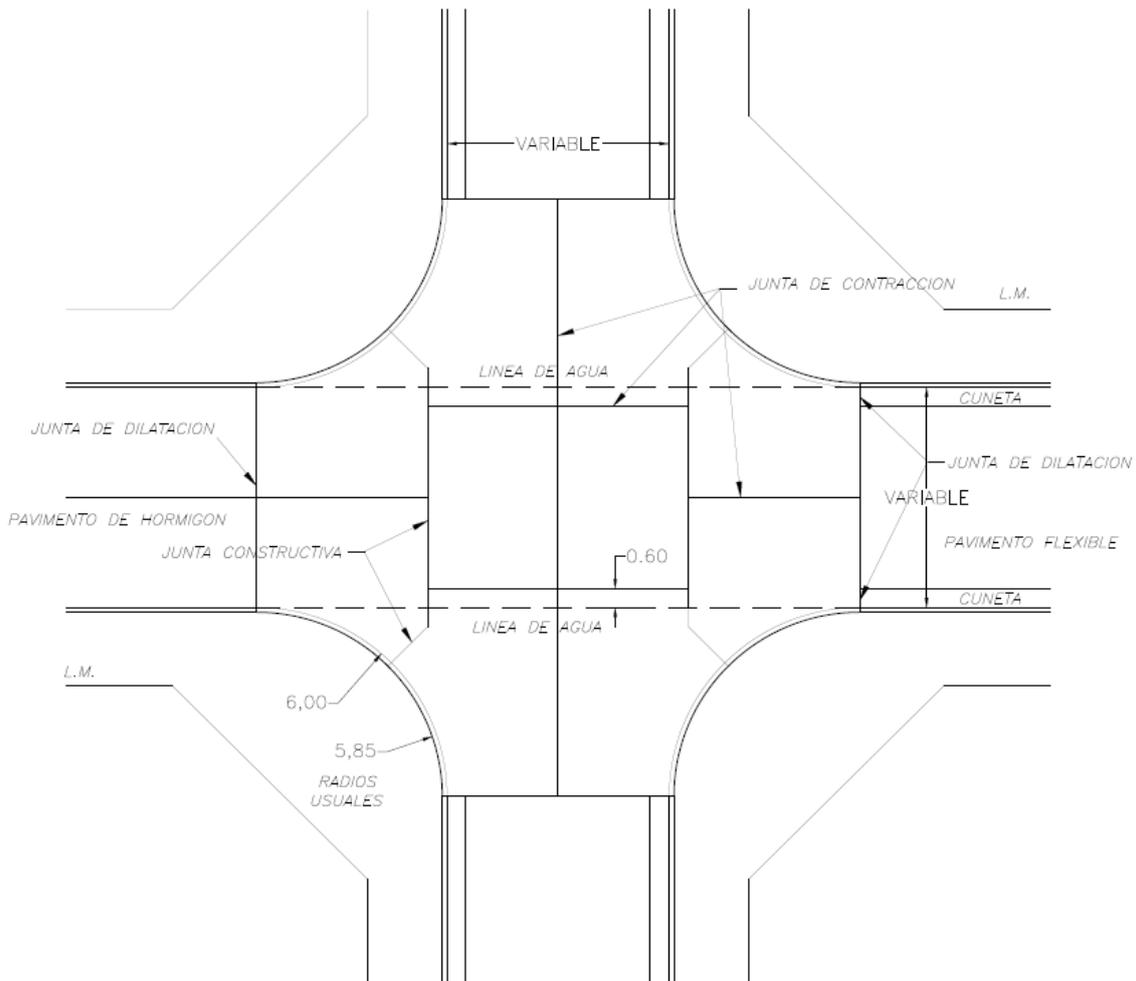
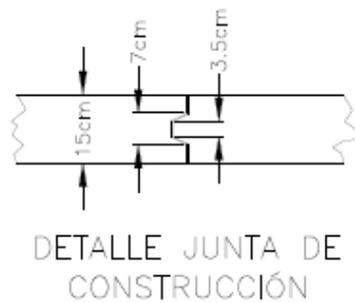


Figura 10. Detalle de Bocacalle.

En la Figura 11 se muestra el detalle de Junta de Construcción.



PARA OTROS ESPESORES SE DEBERÁ  
GUARDAR LAS MISMAS PROPORCIONES

Figura 11. Detalle de Junta de Construcción.

- La superficie de los paños de hormigón no debe ser mayor a 25,00 m<sup>2</sup>.
- Las juntas de construcción serán machihembradas según detalle.
- Las juntas de dilatación serán de 0,025 m de espesor mínimo y rellenas con material flexible, las mismas serán ejecutadas en todo el espesor del pavimento, incluyendo el cordón.
- Las juntas de contracción se realizaran con aserradora en una profundidad mínima igual o mayor a la tercera parte del espesor del pavimento.
- En bocacalles de mayor superficie o de distinta configuración, se comenzara su diseño con los paños centrales igual a los detalles y luego los restantes hacia los bordes teniendo en cuenta que los ángulos internos no podrán ser menores a 90°.
- Las juntas de contracción deberán continuar de paño en paño en forma recta para evitar el reflejo de fisuras.
- Los cordones en todos los casos se deberán ejecutar al mismo tiempo que las cunetas o calzadas y con el mismo hormigón, chuceado o vibrado dentro del molde para lograr la perfecta adherencia y terminación.
- Solo en casos excepcionales se permitirá el uso de hierro de unión y será de acuerdo al detalle.

#### **4.3.5. REPLANTEO, NIVELACIÓN Y SONDEOS**

El replanteo de la obra se realizará previa consulta a los planos de instalaciones existentes tales como Gas, Telecom, Aguas Cordobesas, EPEC, etc. con el objeto de determinar la ubicación y dimensiones de las mismas. La Inspección podrá ordenar la ejecución de sondeos previos para determinar definitivamente la existencia de instalaciones indicadas en los planos u otras no indicadas. Estos sondeos serán por cuenta de la Contratista, como así también todo pago de derechos a los distintos organismos.

El replanteo de la poligonal del eje del proyecto y las nivelaciones serán ejecutados por el Contratista y verificadas por la Inspección. Los niveles fijados en los planos están referidos a cotas relativas y el Contratista tendrá la obligación de materializar y conservar. Comprende a su vez la colocación, por parte del Contratista de puntos fijos de nivelación cada 250 metros consistentes en mojones de hormigón tipo H-17.

Estos mojones serán cilíndricos de 0,15 m de diámetro y 0,60 metros de longitud enterrados 0,50 metros con un hierro redondo de Ø 20 mm en la parte superior de 20 cm. de longitud empotrada 17 cm. y saliendo 3 cm. Tendrán a su vez los mojones en la parte superior una chapa gravada de identificación, empotrada, donde constarán el número de mojón y cota del mismo.

Deberán colocarse a su vez estacas en los vértices de la poligonal del eje de la obra abalizada respecto a tres puntos. Estas estacas serán de quebracho de 5 cm. x 5 cm. de sección de 50 cm. de longitud enterrados 0.45 metros. Las estacas estarán pintadas con dos manos de esmalte sintético color blanco con la parte superior de color bermellón.

Para mayor información en el anexo se encuentra el pliego completo de la obra.

## 5. RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO

### 5.1. NIVELACIÓN

Es el conjunto de procedimientos para determinar las diferencias de elevación y las alturas o cotas de dos o más puntos, la precisión en las mediciones depende del tipo e importancia del levantamiento a ejecutar.

### 5.2. TIPOS DE NIVELACIÓN

Existen tres métodos de nivelación utilizados en los trabajos topográficos: nivelación geométrica, nivelación trigonométrica y nivelación satelital; este último utiliza el sistema de posicionamiento global y realiza una variante de la nivelación trigonométrica.

#### 5.2.1. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

Es el más preciso y utilizado de todos, se lleva a cabo mediante la utilización de un nivel óptico o electrónico, existen cuatro tipos de nivelación geométrica definidos según su precisión: 1° y 2° orden (utilizados en geodesia), 3° y 4° orden (utilizados en topografía), el procedimiento es igual en todos ellos, solo cambian los elementos utilizados para medir; y también podríamos diferenciar dos tipos más según el trabajo a realizar: nivelación geométrica lineal (si se nivela desde un punto hasta otro siguiendo una trayectoria que una ambos) o nivelación geométrica de superficie (cuando nivelamos un sector o una línea desde una misma estación referida a un mismo plano de referencia).

El procedimiento para nivelaciones lineales sean estas topográficas o geodésicas es igual, solo cambia la precisión a alcanzar y los instrumentos a utilizar. Se realiza mediante lecturas efectuadas con el Hilo Medio del retículo del nivel, sobre una mira graduada que se coloca a una distancia no mayor de 60 o 70 m, estas lecturas se restan convenientemente entre sí obteniéndose de esta manera el desnivel existente entre los dos puntos donde estuvo apoyada la mira.

Este es el procedimiento en el caso de que solo queramos obtener el desnivel existente entre dos puntos, pero en el caso en que es necesario el replanteo o la obtención de una o más cotas, el cálculo se complica ya que debemos agregar dos nuevos elementos al cálculo: la cota y el plano Visual (PV) o cota del eje óptico del anteojo del nivel, paso intermedio que debemos calcular antes de calcular la cota de los demás puntos.

En la Figura 12 se muestra la obtención del desnivel entre dos puntos.

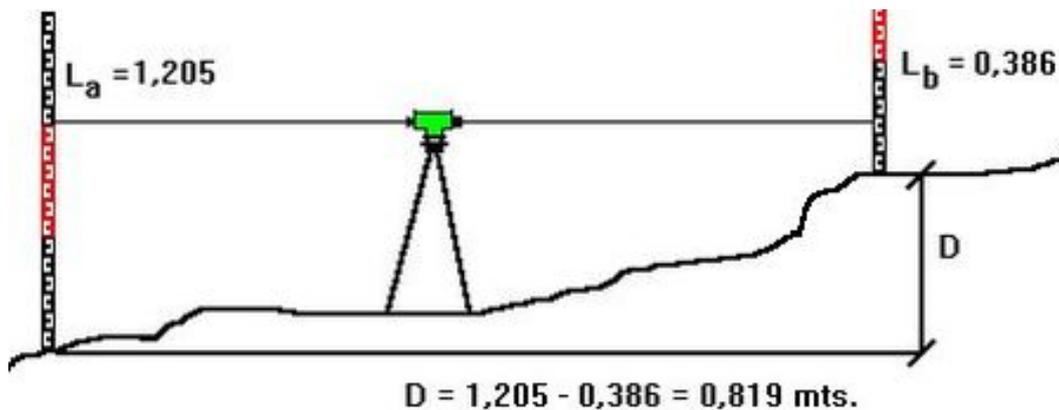


Figura 12. Obtención del desnivel entre dos puntos.

Para el trabajo con cotas debemos tener al menos uno de los puntos, con cota conocida o un PF en sus inmediaciones, a los efectos de tomarlo como plano de referencia, de no ser así se deberá hacer una nivelación, llamada de "enlace" a los efectos de darle cota a uno de los puntos dentro del trabajo.

En la Figura 13 se muestra el replanteo de la cota de un punto desconocido.

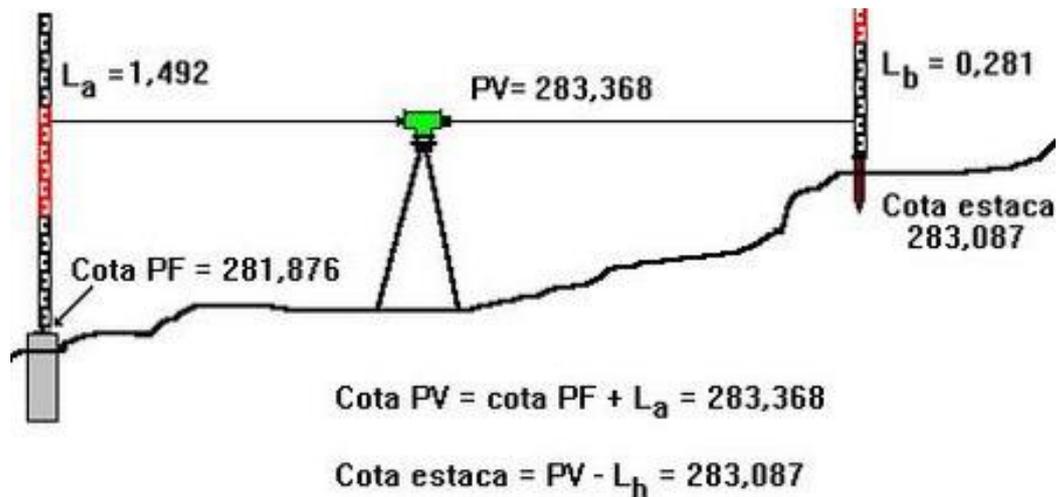


Figura 13. Replanteo de la cota en un punto desconocido.

Supongamos como en el caso anterior tener un PF como inicio del trabajo, esto facilita la tarea, se debe colocar la mira sobre este y se toma la lectura, en general solo se utiliza el hilo medio, aunque algunos prefieren tomar lecturas sobre los tres hilos y hacer luego la comprobación siguientes

$$\frac{\text{Hilo Superior} - \text{Hilo Inferior}}{2} = \text{Hilo Medio}$$

Lo cual no es necesario, y en la práctica suele tornarse engorroso; una vez tomada la lectura se suma este valor a la cota del PF y hemos obtenido la cota del PV (Plano Visual). Ya obtenida esta cota se colocará la mira sobre la estaca a la que se quiere dar cota y se tomará una nueva lectura, notemos ahora que a simple vista se hace

obvio que esta lectura es la diferencia entre la cota del PV y la cota de la estaca, de manera que restamos la lectura obtenida a la cota del PV y el resultado es la de la estaca.

Otro caso particular del uso de las cotas, es cuando necesitamos replantear una cota que aparece en un plano de proyecto de obra y no esta materializada en el terreno. Supongamos volver al caso anterior, pero esta vez la cota a que deberá quedar la estaca es conocida previamente porque aparece en el proyecto que estamos replanteando. En este caso clavamos la estaca apenas en el terreno y dejamos la masa a mano, esta vez ya conocemos la cota del PV que ya había sido calculada y la cota a la que deberá quedar la estaca, nos falta la diferencia entre ambas, que hallaremos restando ambos valores, así que hacemos la resta y el resultado será la lectura que deberemos ver en el retículo, retomamos entonces la masa y alternativamente golpearemos la estaca y haremos lecturas hasta que obtengamos el valor calculado (En el caso del ejemplo 0,281).

En la Figura 14 se muestra la materialización de una cota.

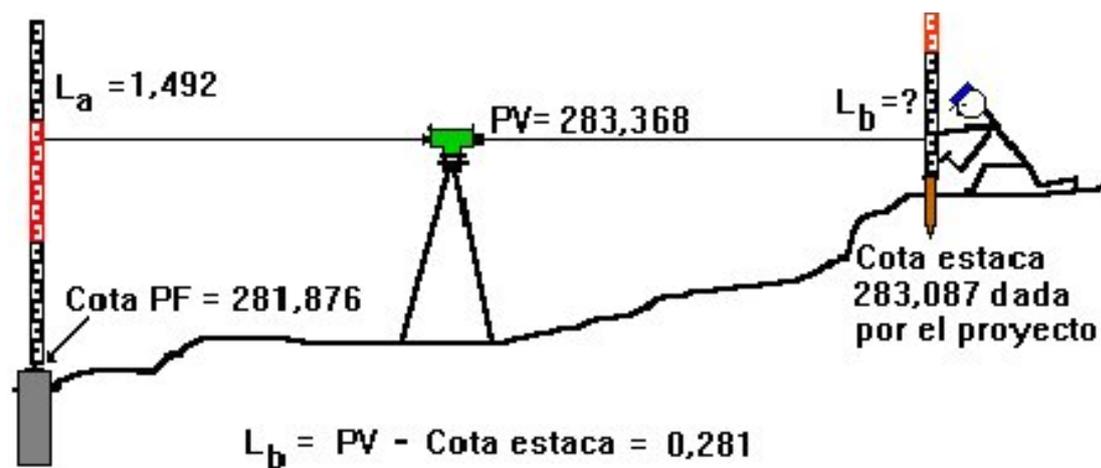


Figura 14. Materialización de una cota.

### 5.2.2. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA COMPUESTA O LINEAL

Es el más usado ya que generalmente los puntos a nivelar se encuentran a más de la distancia máxima en que se puede colocar la mira, y por lo tanto se deben realizar tantas nivelaciones simples como sean necesarias para unirlos, para realizar una nivelación se debe tener en cuenta una distancia para cada tramo de entre 120 a 180 m y luego dividir la longitud total por esta distancia para hallar la cantidad de tramos a realizar; los puntos intermedios entre los dos (o más) puntos objetos del trabajo, se llamarán puntos de paso o PP.

En la Figura 15 se muestra la nivelación geométrica compuesta o lineal.

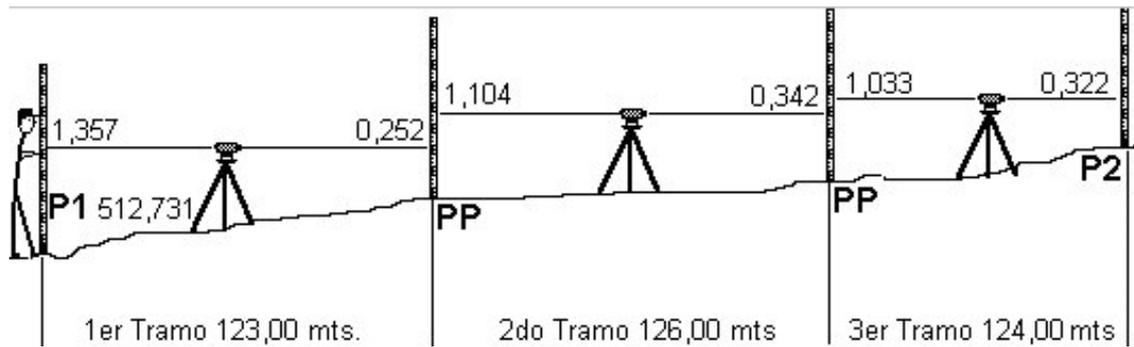


Figura 15. Nivelación geométrica compuesta o lineal.

### 5.2.3. ERRORES EN LA NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

En la Topografía existen varios tipos de errores que pueden aparecer en la toma de medidas y posteriormente en los diferentes cálculos que se pueden llevar a cabo con ellos.

La definición de error es una de las más sencillas que nos podemos encontrar y es que se denomina a un error como la diferencia existente entre el valor medido y el valor real de la magnitud considerada.

Toda medida que realicemos con un aparato topográfico, bien sean ángulos o distancias, están aparejadas siempre a un error. El origen de estos errores pueden ser muy diferentes y pueden tener que ver con la capacidad del ojo humano, pasando por las deficiencias de los aparatos topográficos, y hasta llegar a las condiciones atmosféricas (presión, temperatura y humedad) del lugar en el que realicemos las diferentes mediciones.

Los errores se puede clasificar en Topografía en:

#### 5.2.3.1. SISTEMÁTICOS

Este tipo de errores se repiten de forma continuada al realizar cualquier tipo de medida, y en la mayoría de la ocasiones pueden provenir de algún problema con el equipo o de alguna rutina errónea adoptada por el operario. Estos se deben evitar en todos los casos empleando una metodología adecuada, su valor es acumulativo y resulta imposible su corrección.

Un ejemplo de este tipo de errores puede ser el realizar una medida con una cinta métrica fabricada de forma errónea y que tiene por ejemplo algún centímetro de menos o le falta algún número. Al realizar medidas con ella se da el error sistemático.

- Curvatura de la tierra.
- Falta de paralelismo de ejes.
- Condiciones atmosféricas.

### **5.2.3.2. GROSEROS O EQUIVOCACIONES**

Este tipo de errores podríamos decir que son equivocaciones que comete por ejemplo el operario a la hora de realizar una medición y anotar mal un número. No se consideran admisibles porque presentan variaciones importantes frente a la magnitud real, y son fácilmente evitables por medio de controles y verificaciones que se deben de llevar a cabo.

- Error de lectura.
- Error de anotación.
- Error de tipo aritmético.

### **5.2.3.3. ACCIDENTALES**

Este tipo de errores aparecen una vez que son eliminados los errores anteriores y como consecuencia de una combinación de todas las causas posibles. No responden a una ley fija y son totalmente inevitables. Este tipo de errores es más probable que los grandes errores y se compensan parcialmente cuando el número de mediciones es considerable.

- Falta de verticalidad de la mira.
- Error de nivel.
- Hundimiento de mira y nivel.

### **5.2.4. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA DE SUPERFICIE**

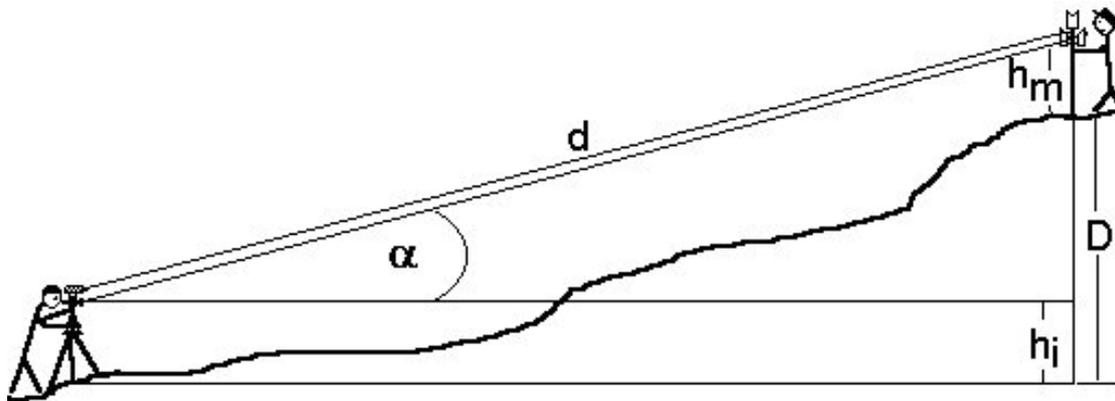
Es la nivelación que se ejecuta partiendo de un PF, acotando varios puntos desde una misma estación.

Para su ejecución se lee sobre la mira colocada sobre un PF, y se obtiene un PV que será común a todos los puntos relevados o replanteados, de ahí en adelante. Este procedimiento se utiliza en los casos en que se debe relevar una superficie para conocer su pendiente o para luego dibujar las curvas de nivel que representarán una superficie en un gráfico, o también al replantear la pendiente de por ejemplo un caño de cloacas o el cordón de una vereda.

### **5.2.5. NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA**

Es la nivelación que se realiza a partir de la medición de ángulos cenitales, de altura o depresión, y de distancias que luego se usarán para la resolución de triángulos rectángulos, donde la incógnita será el cateto opuesto del ángulo a resolver, que en estos casos son el desnivel existente entre el punto estación y un, otro, punto cualquiera.

En la Figura 16 se muestra la nivelación trigonométrica.



$$D = (\text{sen } \alpha \times d) + h_i - h_m$$

Figura 16. Nivelación trigonométrica.

El ejemplo más simple es cuando con un teodolito medimos un ángulo y con un E.D.M. adosado al mismo, la distancia inclinada existente entre la estación y un punto cualquiera.

Para realizar el relevamiento topográfico se utilizaron los diferentes tipos de nivelación geométrica descritos anteriormente.

## 5.3. DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTAL UTILIZADO

### 5.3.1. NIVEL ÓPTICO

Es un instrumento que tiene como finalidad la medición de desniveles entre puntos que se hallan a distintas alturas o el traslado de cotas de un punto conocido a otro desconocido.

Pueden ser manuales o automáticos, según se deba calibrar horizontalmente el nivel principal en cada lectura, o esto se haga automáticamente al poner el instrumento "en estación". En este caso se utilizó un nivel óptico automático.

### 5.3.1.1. PARTES DEL NIVEL ÓPTICO AUTOMÁTICO

En la Figura 17 se muestran las diferentes partes de un nivel óptico automático.



Figura 17. Partes de un nivel óptico automático.

Objetivo: Contiene las lentes que magnifican los objetos enfocados.

Botón de enfoque: Permite visualizar los objetos con claridad y nitidez.

Ocular: Situado en el otro extremo del objetivo, se puede girar para enfocar la cruz reticular.

Nivel circular: Asegura que el instrumento se encuentre en un punto de nivel verdadero.

Tornillos de nivelación: Permiten efectuar ajustes para asegurar la nivelación del instrumento.

Círculo horizontal: Marcado en grados, se usa para el ajuste y la lectura de ángulos horizontales.

Tornillo de ajuste horizontal: Se puede ajustar para que el instrumento se desplace hacia la izquierda o derecha en la placa base.

Placa base: Pieza por la cual el nivel óptico se conecta a un trípode.

Compensador: Es un sistema de prismas suspendido sobre alambres finos que funcionan según el principio del péndulo bajo acción de la gravedad o del magnetismo,

## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

---

dependiendo del modelo. Las longitudes de los alambres y las posiciones de los puntos de suspensión están definidos de forma que los rayos de luz que el sistema de prismas envía a los hilos de la cruz reticular sean rayos horizontales. Por lo tanto, en la medida en que el sistema de prismas pueda girar libremente, la línea de colimación permanecerá horizontal, aun cuando el telescopio no esté ubicado en posición exactamente horizontal. Es decir, un péndulo óptico que corrige, o compensa, las variaciones de una línea de nivel enfocada.

En obra se utilizó un nivel óptico automático marca Topcon ATB2, con las siguientes características y especificaciones:

### Telescopio:

- Longitud	215 mm
- Aumento	32X
- Apertura del objetivo	42 mm
- Poder de resolución	3"
Campo de visión (a 100)	1°20'
- Min. Enfoque desde el Extremo del telescopio	0.2 m
- Min. Enfoque desde el Centro del instrumento	0.3 m
- Imagen	Erecto
- Estadio Constante	0
- Relación de los estadios	100
- Botón de enfoque	2 velocidad
- Avistamiento de ayuda	PEEP SIGHT

### Precisión:

- Sin Micrómetro	0.7 mm
- Con Micrómetro	0.5 mm

## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

---

### Compensador:

- |                         |           |             |     |         |    |
|-------------------------|-----------|-------------|-----|---------|----|
| - Tipo                  | Péndulo   | compensador | con | sistema | de |
| amortiguación magnética |           |             |     |         |    |
| - Ajuste de precisión   | 0.3"      |             |     |         |    |
| - Rango de trabajo      | ± 15 pies |             |     |         |    |

### Nivel Circular:

- |                              |            |
|------------------------------|------------|
| - Sensibilidad               | 10FT./2 mm |
| Círculo Horizontal- Diámetro | 103 mm     |
| - División mínima            | 1°/1GON    |

### General:

- |                                 |                       |
|---------------------------------|-----------------------|
| - Resistencia al agua           | IPX6 (IEC 60529:2001) |
| - Temperatura de funcionamiento | -20°C a +50°C         |
| - Ancho                         | 130 mm                |
| - Longitud                      | 215 mm                |
| - Altura                        | 140 mm                |
| - Peso                          | 1.85 kg               |

En la Figura 18 se muestra el nivel óptico Topcon ATB2 utilizado en obra



Figura 18. Nivel óptico Topcon ATB2.

#### ***5.3.1.2. UTILIZACIÓN DEL NIVEL ÓPTICO AUTOMÁTICO***

El uso correcto de un nivel óptico automático requiere seguir unos pasos sencillos y rápidos que se pueden resumir en los siguientes:

##### **- Puesta a punto del nivel**

Los niveles ópticos se usan siempre sobre un trípode, por lo tanto, cuando vayamos a poner a punto nuestro instrumento, es importante asegurarnos de que contamos con el trípode apropiado, es decir, que la rosca del trípode coincida con el elemento de fijación a trípodes que posee el aparato.

##### **- Montaje del nivel óptico**

Se extrae el nivel de su maletín y se lo coloca sobre el trípode atornillándolo a la base de este, se retira la tapa protectora de la lente.

Antes de seguir adelante debemos verificar que:

- El trípode quede perfectamente estable y firme. Esto es importante para garantizar que el instrumento no se inclinará mientras se realiza el proceso de nivelación.
- La conexión entre el nivel óptico y el trípode sea segura.
- Los tornillos de nivelación no estén demasiado ajustados contra la placa base.

- Nivelación del nivel óptico

Para efectuar mediciones precisas y exactas debemos asegurarnos de que el instrumento esté nivelado en un radio de 360 grados. El procedimiento a seguir en este caso es similar para todos los niveles ópticos, aunque puede haber ligeras diferencias dependiendo del fabricante.

En la Figura 19 se muestran los tornillos de nivelación A, B, C que contiene el instrumento.

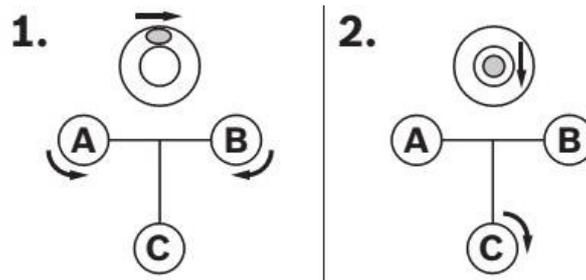


Figura 19. Nivelación del nivel óptico.

Primeramente usamos los tornillos A y B, girándolos en sentido antagónico indicado por las flechas hasta que la burbuja del nivel circular que vemos en la parte superior de la figura quede en una posición intermedia entre ambos tornillos (Paso 1).

Seguidamente, giramos el tornillo C hasta situar la burbuja en el centro del nivel circular (Paso 2).

Después giramos el nivel 180 grados y comprobamos que la burbuja permanezca centrada; de lo contrario, repetimos los pasos 1 y 2. Es importante que la burbuja siempre permanezca centrada, ya que si no, las mediciones serán incorrectas.

- Enfoque del nivel óptico

Después de asegurarnos de que el instrumento está nivelado, el siguiente paso es enfocararlo.

Para ello, apuntamos el objetivo hacia un objeto. Al principio, este objeto aparecerá borroso, pero girando el ocular, ya sea hacia la izquierda o derecha, lograremos que dicho objeto se vea nítido. Esto indica que el enfoque es correcto.

- Fijación de una línea de referencia

Una vez que enfocamos el ocular, apuntamos el objetivo hacia la mira telescópica, ubicado a unos metros de distancia en forma perfectamente vertical y usamos el botón de enfoque para que las marcas de la mira telescópica aparezcan nítidas.

Finalmente, con el ajuste fino lateral hacemos coincidir exactamente la cruz reticular con el centro de la mira telescópica.

En la Figura 20 se muestra la coincidencia entre la cruz reticular con la mira telescópica.

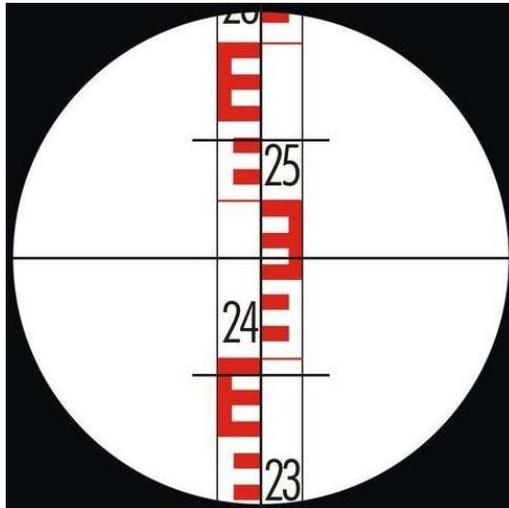


Figura 20. Coincidencia entre la cruz reticular y la mira telescópica.

Si el enfoque del objetivo es correcto, la cruz reticular y la imagen de la mira telescópica no deben desplazarse entre sí al mover el ojo detrás del ocular.

- Efectuar mediciones

Después de realizar los pasos de 1 al 5, ya podemos efectuar las mediciones de los objetos de interés. Para ello, simplemente apuntamos el instrumento nivelado y enfocado contra la mira telescópica, de manera que la cruz reticular coincida con el centro de ella. Dependiendo de la capacidad del nivel óptico, podemos medir alturas, distancias y ángulos.

**5.3.1.3. CONSEJOS ÚTILES PARA EL USO DE NIVELES ÓPTICOS**

Hacer un buen uso del instrumento no sólo nos permitirá obtener mediciones confiables, sino que también prolongará la vida útil del mismo. A continuación se brindan algunos consejos que conviene seguir:

- Los niveles ópticos siempre deben transportarse dentro de su maletín para evitar daños al compensador, especialmente los modelos que no vienen provistos con botón de bloqueo del compensador.
- Si la distancia es corta, el nivel óptico se puede transportar montado en el trípode, pero siempre y cuando se mantenga en posición vertical.

- Cuando la lente del objetivo no está en uso, debe cubrirse con la tapa correspondiente para evitar daños en el instrumento.
- Sólo se logran mediciones precisas y exactas cuando:
  - Los dos tornillos de nivelación se giran al mismo tiempo y velocidad durante el paso de nivelación.
  - El instrumento está nivelado en un radio de 360 grados.
  - Los tornillos de nivelación no están demasiado ajustados. De lo contrario, también puede deformarse la placa base, causando un daño permanente.
- Nunca debemos enfocar el objetivo directamente hacia el sol.
- Cuando observamos por el objetivo debemos mantener ambos ojos abiertos. Esto impide el cansancio de los ojos y evita que debamos entrecerrarlos.
- La imagen enfocada es más nítida cuando queda comprendida dentro de la cruz reticular; este es el lugar más preciso de la lente.
- El salto de una imagen se llama paralaje. Por eso, cada vez que el nivel óptico se mueve, debemos girar el botón de enfoque hasta eliminar completamente el paralaje.

### **5.3.2. TRÍPODE**

Los aspectos más importante para un buen trípode es su estabilidad y concretamente la resistencia a la torsión. Otros aspectos a tener en cuenta son la amortiguación óptima de vibraciones, la resistencia al agua, el comportamiento bajo radiación solar y el peso en relación a la capacidad de carga.

En la Figura 21 se muestra un trípode para nivel óptico de aluminio como el que se utilizó en la obra.



Figura 21. Trípode de aluminio.

### 5.3.3. MIRA TELESCÓPICA

En obra se utilizó una mira telescópica de aluminio de 4 metros en cuatro tramos. Centimetrada en una cara y milimetrada en la otra para determinación de alturas. Con nivel esférico para facilitar su verticalidad.

En la Figura 22 se muestra una mira telescópica como la que se utilizó en obra.



Figura 22. Mira telescópica.

## 5.4. TAREAS DE NIVELACIÓN REALIZADAS EN OBRA

### 5.4.1. RED DE PUNTOS FIJOS

Se realizó una red de PF (Puntos Fijos) sobre los barrios Estación Flores y Villa Aspacia. Esta red se utilizó de apoyo para poder realizar el relevamiento de umbrales, desagües y PC (Principios de curva) de calles construidas para luego poder comparar las cotas del relevamiento con las cotas del proyecto. Además se utilizó para poder llevar a cabo la nivelación de subrasante, subbase, cordón cuneta, calles y bocacalles a construir.

Para realizar la red de PF se comenzó con cota conocida de un hormigón existente, la cual utilizó la Municipalidad de la Ciudad de Córdoba para realizar el proyecto. Dicha cota es el PC (principio de curva) de la calle Copenhague intersección con Rotonda.

En la Figura 23 se muestra la ubicación de la cota con la cual se comenzó a realizar la red de PF.



Figura 23. Ubicación de la cota del PC.

Partiendo de esta cota conocida, se fueron colocando en cada esquina PF con sus respectivas cotas. Estos PF se colocaron de manera tal que sean visibles en el momento de realizar la nivelación de alguna de las calles que concurren a la esquina donde se materializo dicho punto.

Los PF se materializaron en la obra a través de clavos ubicados en postes de madera del tendido eléctrico. Para poder visualizarlos se le realizo un círculo de color rojo.

Las cotas de los PF se determinaron a través de una Nivelación Geométrica Compuesta como se explicó anteriormente.

## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

En la Tabla 2 se muestran los PF con su respectiva cota y referencia.

ESTACIÓN FLORES 1ª ETAPA				45	51,177	1018 PF	estaca	93	47,193	1006-1	poste
				46	50,141	esquina		94	47,075	1007-1	poste
PUNTO	COTA	REFERENCIA		47	50,886	1019 PF	estaca	95	48,111	1008-1	poste
1	50,109	1000 PF	estaca	49	49,975	esquina		96	49,756	1009-1	poste
2	49,600	REFERENCIA	COTA ORIGEN	50	50,458	esquina		97	50,559	1010-1	poste
3	49,687	esquina		51	53,273	1014 PF	estaca	98	51,500	1011-1	poste
4	49,758	esquina		52	52,188	esquina		99	51,901	1012-1	poste
5	49,316	1001 PF	estaca	53	51,852	esquina		100	52,823	1013-1	poste
6	49,411	esquina		54	52,020	esquina		101	53,175	1014-1	poste
7	48,710	esquina		55	52,243	1020 PF	estaca	102	53,100	1015-1	poste
8	48,680	1002 PF	estaca	56	51,161	esquina		103	52,658	1016-1	poste
9	48,084	esquina		57	51,339	1021 PF	estaca	104	52,305	1017-1	poste
10	48,063	1003 PF	estaca	58	50,567	esquina		105	51,449	1018-1	poste
11	47,465	esquina		59	50,694	1022 PF	estaca	106	50,877	1019-1	poste
12	47,622	1004 PF	estaca	60	49,852	esquina		107	50,543	1019-2	poste
13	47,098	esquina		61	50,079	1023 PF	estaca	108	52,293	1020-1	poste
14	47,253	1005 PF	estaca	62	48,985	esquina		109	52,301	1020-2	poste
15	46,932	esquina		63	49,362	1024 PF	estaca	110	52,748	1020-3	poste
16	47,045	1006 PF	estaca	64	47,765	esquina		111	52,928	1020-4	poste
17	46,104	esquina		65	47,912	1025 PF	estaca	112	51,254	1021-1	poste
18	46,642	Vías FFCC		66	47,829	paso		113	51,096	1022-1	poste
19	46,222	1007 PF	estaca	67	47,045	1006 PF	estaca	114	50,463	1023-1	poste
20	48,027	esquina		68	47,253	1005 PF	estaca	115	49,807	1024-1	poste
21	47,379	1008 PF	estaca	69	47,783	esquina		116	48,459	1025-1	poste
22	49,062	esquina		70	47,944	1026 PF	estaca	117	48,207	1026-1	poste
23	49,218	1009 PF	estaca	71	48,423	esquina		118	49,348	1027-1	poste
24	49,939	esquina		72	48,516	esquina		119	49,531	1027-2	poste
25	50,212	1010 PF	estaca	73	48,580	esquina		120	49,429	1027-3	estaca al lado de poste
26	50,555	paso		74	48,987	1027 PF	estaca	121	50,201	1028-1	poste
27	50,753	esquina		75	49,389	esquina		122	50,877	1029-1	poste
28	51,123	1011 PF	estaca	76	49,834	1028 PF	estaca	123	51,659	1030-1	poste
29	51,434	esquina		77	50,182	esquina		124	51,708	1030-2	poste
30	51,632	1012 PF	estaca	78	50,280	1029 PF	estaca	125	52,105	1030-3	poste
31	52,035	esquina		79	50,875	esquina		126	52,209	1030-4	poste
32	52,398	1013=32	estaca	80	51,274	1030 PF	estaca	127	52,440	1031-1	poste
33	52,856	esquina		81	51,082	esquina		128	52,292	1031-2	poste
34	53,273	1014 PF	estaca	82	51,278	esquina					
35	52,790	esquina		83	51,770	esquina					
36	52,870	esquina		84	52,142	1031 PF	estaca				
37	52,429	esquina		85	52,787	1015 PF	estaca				
38	52,787	1015 PF	estaca	86	50,128	1000-1	poste				
39	52,760	asf=39		87	50,188	1000-2	poste				
40	52,309	esquina		88	50,047	1001-1	poste				
41	52,492	1016 PF	estaca	89	49,161	1002-1	poste				
42	51,827	esquina		90	48,401	1003-1	poste				
43	52,006	1017 PF	estaca	91	47,877	1004-1	poste				
44	51,037	esquina		92	47,779	1005-1	poste				

Tabla 2. PF, Cota y Referencia.

La Figura 24 muestra la red de PF de ¼ del barrio Estación Flores.

# RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

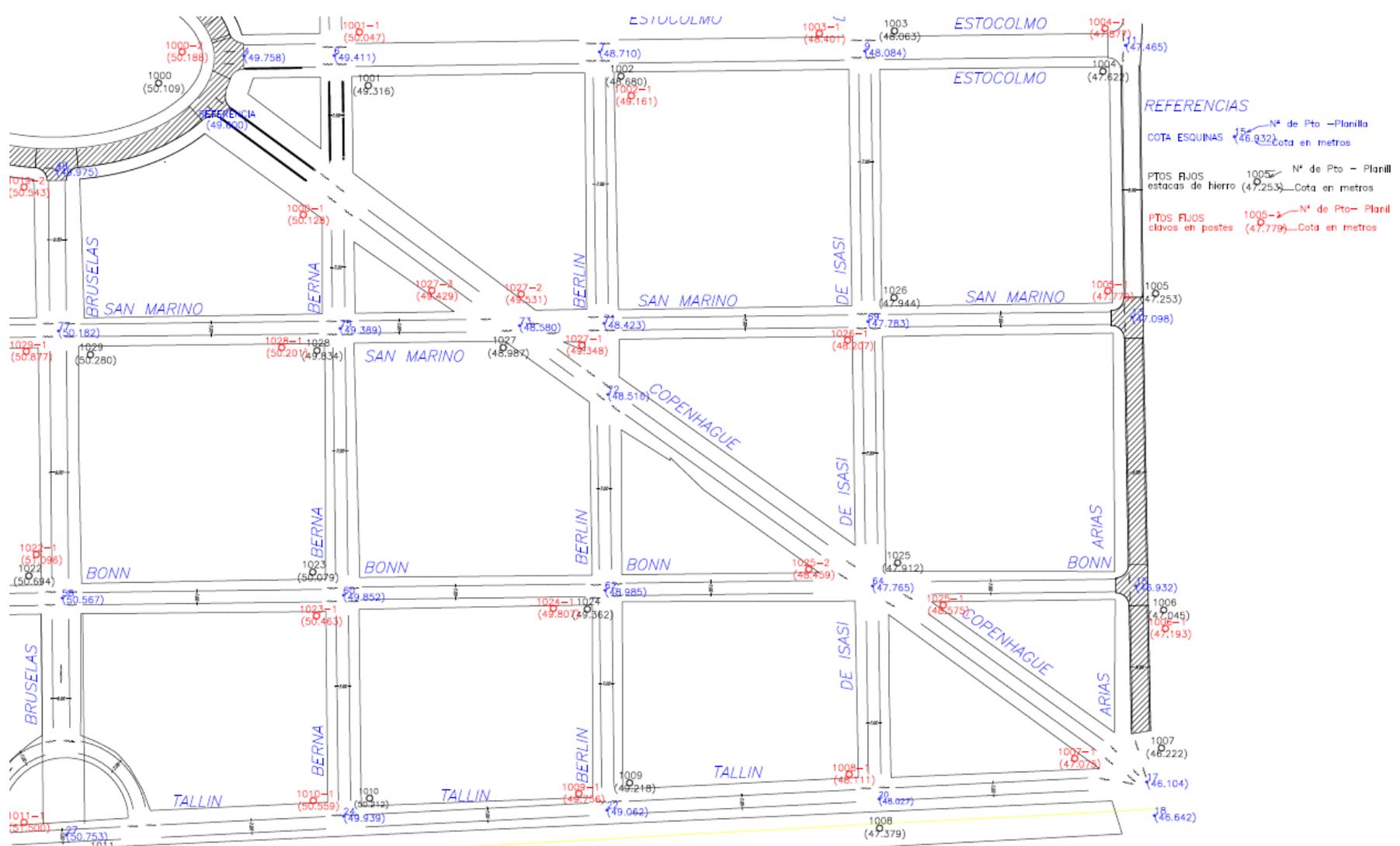


Figura 24. Red de PF

La Tabla 2 y la Figura 24 se utilizaron en obra para identificar donde se situaban los PF y que cota tenían los mismos para poder realizar el relevamiento de umbrales, desagües, PC de calles construidas y también para realizar la nivelación de subrasante, subbase, cordón cuneta, calles y bocacalles a construir.

### 5.4.2. RELEVAMIENTO DE UMBRALES, DESAGUES Y CALLES CONSTRUIDAS

Una vez realizada la red de PF se comenzó con el relevamiento de umbrales, desagües y calles construidas de los barrios Estación Flores y Villa Aspacia.

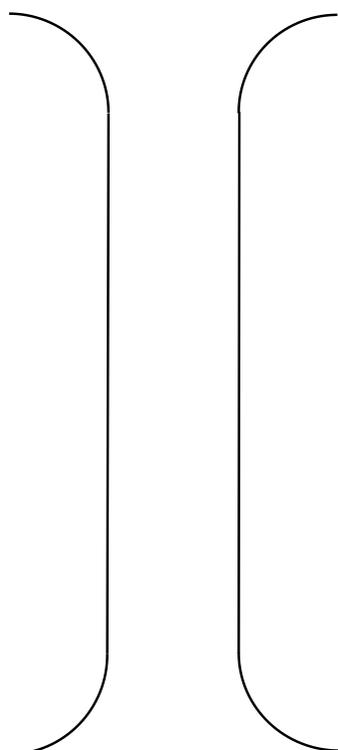
Este relevamiento se llevó a cabo debido a que las cotas de umbrales, desagües y PC de las calles construidas del proyecto no coincidían con las cotas reales.

Por lo tanto, se procedió a obtener las cotas reales a través de una Nivelación Geométrica Simple utilizando la red de PF realizada anteriormente.

En la Figura 25 se muestra la planilla que se utilizó para realizar el relevamiento de umbrales, desagües y PC.

Relevamiento Calle:

Entre calles:



Punto	Progresiva	Proyecto	Cota	Lectura	Descripción
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

Figura 25. Planilla para relevamiento de umbrales y desagües.

## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

---

Una vez realizado el relevamiento de todas las calles de los barrios, se llevaron las cotas a un croquis como se muestra en la Figura 26.

En la Figura 26 se muestran las cotas y distancias de Umbrales, desagües y PC de  $\frac{1}{4}$  del Barrio Estación Flores.



### 5.4.3. MODIFICACIÓN DE LAS COTAS DEL PROYECTO

Como se mencionó anteriormente las cotas de proyecto no coincidían con las cotas reales de los umbrales, Desagües y PC de las calles construidas, por lo que se procedió a modificar el proyecto determinando las cotas de los PC de las calles a construir. Una vez definidas las cotas, se le presento esta modificación del proyecto al inspector Municipal de la obra para su aprobación.

Para definir las nuevas cotas de los PC se tuvo en cuenta que la pendiente longitudinal mínima para el escurrimiento de las aguas de lluvias sea igual o superior al 0.3%. También se tuvo en consideración que los umbrales estén 15 cm por encima de la línea de agua y los desagües pluviales de las viviendas no queden por debajo de esta línea.

Se respetó del proyecto el sentido de escurrimiento de las aguas de lluvia.

En la Figura 27 se observan las nuevas cotas de los PC y el sentido de escurrimiento de las calles Berna y Bucarest 23.

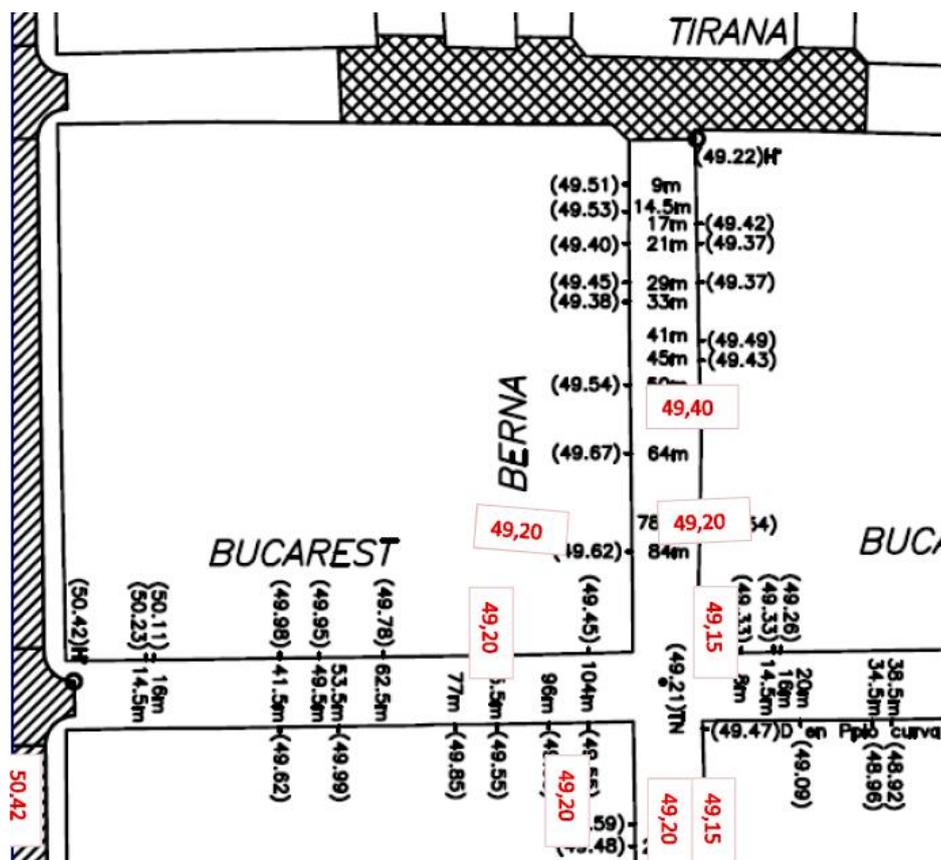


Figura 27. Nuevas cotas y sentido de escurrimiento de las aguas de lluvia.

Para poder obtener las nuevas cotas de los PC en la intersección de la figura 26 se procedió de la siguiente manera, como la cota del hormigón construido en la calle Bucarest es (50.42) y teniendo en cuenta que la calle tiene una distancia de 105 m según proyecto, se tomó la pendiente longitudinal mínima del 0.3% quedando la cota del PC en la intersección de las calles Bucarest y Berna de (50.10). Como se observa en la figura 27 la cota (50.10) está por encima de los desagües relevados, por lo que se colocó una cota que este por debajo del desagüe que se sitúa a los 104 m, dicha cota fue de (49.20), quedando una pendiente de 0.86 % la cual es mayor a la mínima. El paso siguiente fue garantizar el escurrimiento de la calle Berna entre Tirana y Bucarest. Con lo que se procedió de la misma manera, con la diferencia que esta calle se le realizó un quiebre de pendiente aproximadamente a los 50 m, escurriendo la mitad hacia la calle Tirana y la otra mitad hacia la calle Bucarest. El quiebre fue debido a que no se garantizaba la pendiente longitudinal mínima de escurrimiento de las aguas.

De igual manera y en forma conjunta con todas las calles se fue realizando el nuevo proyecto.

#### **5.4.4. PROCEDIMIENTO PARA NIVELACIÓN DE CALLES**

Una vez finalizado el nuevo proyecto se siguió con la nivelación de las diferentes calles de los barrios.

En cuanto a la importancia de los errores que puedan derivarse de la nivelación se hace una serie de consideraciones:

- Para la ejecución de la subrasante, los errores no son de importancia, siempre y cuando no excedan los 3 a 4cm. Si el nivel de subrasante es superior al correcto implicaría un menor espesor de subbase, y si tenemos en cuenta el tránsito, que en la mayoría se cataloga como liviano, ello no traería inconveniente en cuando al funcionamiento estructural del mismo. Si el nivel de subrasante es inferior al correcto, implicaría un mayor uso de material de subbase y junto con su relativo bajo costo no generaría inconvenientes. Estos errores se deben fundamentalmente cuando se ejecuta el corte sobre estaca empleando motoniveladora.
- Para la ejecución de la subbase, el error deberá reducirse no excediéndose de 1 a 2 cm. Si el nivel de subbase es superior al correcto, todo lo considerado para el ítem subrasante es válido. Cuando sucede lo contrario implicaría un aumento en el espesor de base, y por ende un incremento de los costos. Para el caso de los pavimentos de hormigón un incremento en su espesor sería muy grave considerando el elevado costo del material.
- Para la ejecución de calles con pavimento rígido, cordón cuneta y bocacalles, el error deberá ser nulo. Si el nivel de estos es superior al correcto, implicaría un mayor espesor de hormigón y por ende un incremento de los costos. Si el nivel es menor al

correcto, implicaría un menor espesor de hormigón, y si tenemos en cuenta el tránsito, esto traería inconveniente en la vida útil del mismo.

La metodología que se utilizó para la nivelación puede resumirse de la siguiente manera:

- Se estacionó el nivel en un lugar cómodo y dominante de la zona de trabajo, se colocó la mira sobre el PF y se tomó lectura; calculando así el PV (Plano Visual), sumándole a la cota del PF la lectura en la mira.
- Con ello, se determinó la lectura en la mira en el punto a replantear haciendo la resta entre el PV y el dato de cota de proyecto del punto a replantear.
- Se colocó la mira en el punto a replantear, se tomó lectura y se efectúa la diferencia entre la lectura calculada y la lectura obtenida, esta diferencia será lo que debe desplazarse el punto verticalmente para estar en su posición correcta altimétrica.
- Si la diferencia es positiva, implicó que el punto está alto y se debió bajar, y si es negativo lo inverso.
- Dicho proceso se repitió tantas veces hasta que la lectura calculada sea igual a la lectura obtenida, estando el punto de esta manera en su posición correcta.

En lo siguiente se detallaran las tareas de nivelación que se realizaron para la construcción de las diferentes partes del paquete estructural.

#### **5.4.4.1. DESMONTE**

Esta etapa corresponde a la remoción del suelo existente, para llegar aproximadamente a la cota de subrasante.

Antes de realizar el mismo se marcó el ancho de calle a desmontar. Como estas tenían un ancho de 7 m, para el desmonte se consideraron los 7 m más 0.15 m de cordón cuneta de cada lado, más 0.15 m de cada lado para la comodidad de la colocación de los encofrados del cordón cuneta, quedando un ancho total a desmontar de 7.60 m.

En la Figura 28 se muestra el ancho total a desmontar.

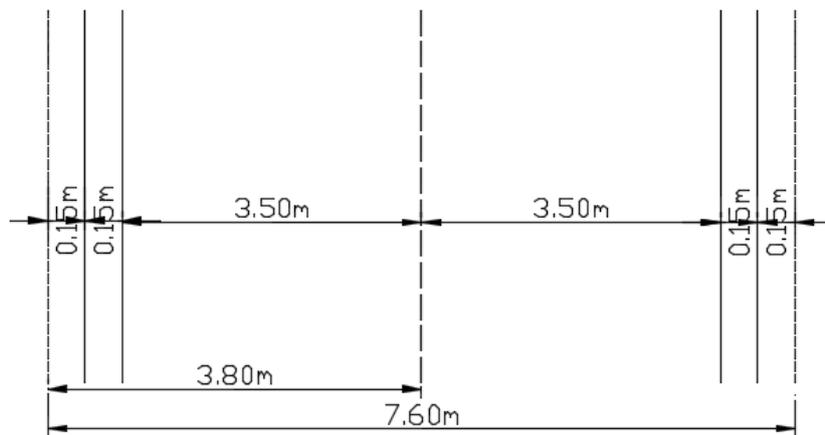


Figura 28. Ancho total a desmontar.

Para la materialización del ancho a desmontar se colocaron jalones a 3.80 m de cada lado del eje de la calzada, al comienzo y final de la calle, los cuales se unieron con tanza de albañil y se fue demarcando con cal el ancho a desmontar.

Luego para determinar la profundidad de desmonte, se realizó el siguiente procedimiento:

- Se identificó la cota de la rasante de la calle a desmontar en el nuevo proyecto.
- Conocido el espesor total del paquete estructural 0.30 m (0.15 m espesor de hormigón y 0.15 m espesor de subbase), se restó para llegar a la cota de subrasante.
- Se calculó la pendiente del tramo, como la relación entre la diferencia de cotas de extremo de la calle y la longitud entre ambas.
- Se determinó la cota de subrasante en cada una de las progresivas (cada 10 m).
- Se tomó lectura en el PF más cercano, de cota conocida.
- Se obtuvo el PV correspondiente como la suma del PF y la lectura en dicho punto.
- La lectura de subrasante en cada progresiva se calculó como la diferencia entre el plano visual y la cota de cada punto.
- La profundidad de desmonte se obtuvo como la diferencia entre la lectura teórica y la lectura real en cada progresiva.

Obtenida la profundidad de desmonte, en una primera instancia se le informaba al operador de la retroexcavadora que profundidad aproximadamente tenía que excavar del terreno natural. Se utilizaba una retroexcavadora cuando la profundidad a excavar

era mayor a 30 cm, cuando era menor a esta profundidad se utilizaban los escarificadores de la motoniveladora.

Una vez efectuada esta primera excavación se determinó la nueva profundidad de desmonte (menor que en la primera instancia) y se procedió a realizar en cada progresiva sobre 2 líneas de agua un hueco con cal en el fondo a cota de subrasante. Esto le servía como guía al operador de la motoniveladora, ya que cuando realizaba el corte de la calle y aparecía la cal en el terreno se encontraba en cota de subrasante.

En la Figura 29 se observa el desmonte de la calle Berna entre San Marino y Bonn.



Figura 29. Desmonte de la calle Berna entre San Marino y Bonn.

#### **5.4.4.2. SUBRASANTE**

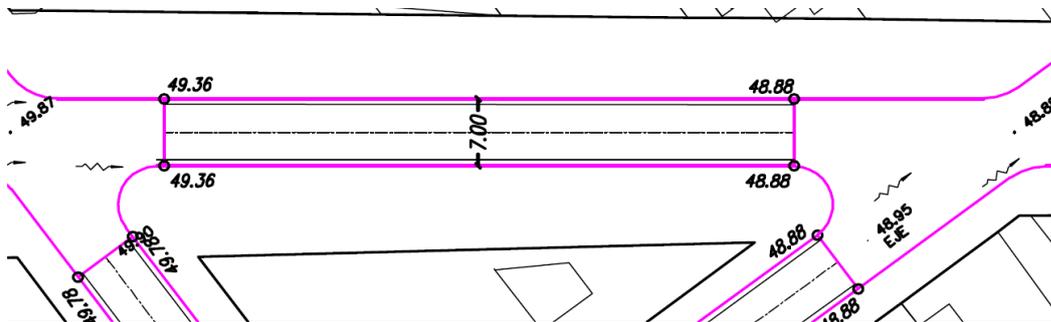
Se considera subrasante aquella porción de superficie que servirá de asiento o fundación a la o las capas de recubrimiento o firme a construir, conformando por lo tanto, la superficie de apoyo de la estructura del pavimento a ejecutarse sobre ella.

La profundidad a determinar de subrasante se obtuvo de la misma manera como se mencionó en el apartado de Desmonte.

En la Figura 30 se muestra la planilla que se utilizaba para realizar el cálculo de la lectura correspondiente a cada progresiva para la nivelación de la subrasante.

## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

**Calle:** Copenhague (Entre Berna y San Marino)



**Longitud:** 64,56      0,484      **Pto Fijo:** 50,1  
**LPF:** 1,3  
**PV:** 51,4

Progresiva	Terreno Natural	Rasante	SubRasante	SubBase	Lectura	Observ.
0		49,36	49,06	49,21	2,34	
10		49,29	48,99	49,14	2,42	
20		49,21	48,91	49,06	2,49	
30		49,14	48,84	48,99	2,57	
40		49,06	48,76	48,91	2,64	
50		48,99	48,69	48,84	2,72	
60		48,91	48,61	48,76	2,79	
64,56		48,88	48,58	48,73	2,82	

Figura 30. Planilla para nivelación de subrasante.

En la Figura 31 se observa la nivelación de la subrasante de la calle San Marino entre Berlín y De Isasi.



Figura 31. Nivelación de la subrasante de la calle San Marino entre Varsovia y Praga.

En la Figura 31 se está realizando la nivelación de la subrasante a través de huecos con cal en el fondo sobre las 2 líneas de agua, luego de haberse realizado la excavación con retroexcavadora y perfilado con la motoniveladora.

#### **5.4.4.3. SUBBASE GRANULAR**

Esta capa se coloca por encima de la subrasante, como se muestra en las Figuras 4 y 5 de los diferentes perfiles-tipo.

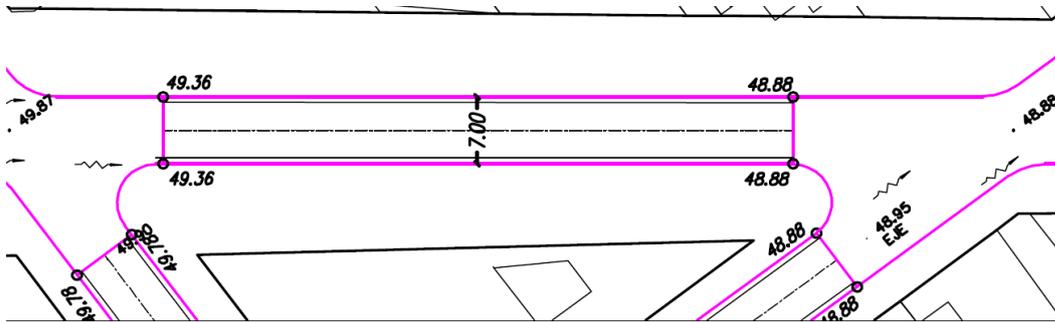
La subbase se compone de suelo-arena (80% de arena silíceas – 20% de suelo seleccionado) de 0,15 m de espesor compactado con densificación igual o superior al 95% de la Densidad Máxima del Ensayo AASHTO T-180.

La profundidad a determinar de subbase se obtuvo de la misma manera que se mencionó en el apartado de Desmonte, pero con la diferencia que en vez de restar los 0.30 m de la cota de hormigón terminado para llegar a cota de subrasante, se restó 0.15 m para llegar a la cota de subbase.

En la Figura 32 se muestra la planilla que se utilizaba para realizar el cálculo de la lectura correspondiente a cada progresiva para la nivelación de la subbase.

RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

Calle: Copenhague (Entre Berna y San Marino)



**Longitud:** 64,56      0,484      **Pto Fijo:** 50,1  
**LPF:** 1,3  
**PV:** 51,4

Progresiva	Terreno Natural	Rasante	SubRasante	SubBase	Lectura	Observ.
0		49,36	49,06	49,21	2,19	
10		49,29	48,99	49,14	2,27	
20		49,21	48,91	49,06	2,34	
30		49,14	48,84	48,99	2,42	
40		49,06	48,76	48,91	2,49	
50		48,99	48,69	48,84	2,57	
60		48,91	48,61	48,76	2,64	
64,56		48,88	48,58	48,73	2,67	

Figura 32. Planilla para nivelación de subbase.

A esta capa se le realizaban 2 nivelaciones:

- La primera consistía en la nivelación de estacas de carga, las cuales se colocaban en progresivas cada 10 m sobre las líneas de agua y en el eje de la calle. Estas estacas servían de guía para no quedarse cortos con la carga de material ni pasarse de nivel. Lo que se hacía es cargarla de 3 a 4 cm por encima de la estaca para tener en cuenta la compactación.
- Una vez realizada la compactación se colocaban y nivelaban estacas de corte, las mismas se utilizaban para realizarle el perfilado a la subbase quedando esta lista para la compactación y luego recibir el cordón cuneta. Si las estacas de carga permanecían en su lugar luego de haberse cargado y compactado la

calle, se utilizaban estas mismas para estacas de corte, si estas no se encontraban se colocaban nuevamente estacas de corte.

Para la colocación tanto de las estacas sobre las líneas de agua como en el eje de la calle se ponían en los dos extremos de la calle clavos (hierro del 8) en cada línea de agua y en el eje de la calle y se los unía con una tanza de albañil para poder seguir una línea recta de extremo a extremo de calle y luego cada 10 m se colocaban las estacas para realizar la nivelación.

En la Figura 33 se muestra la nivelación de la subbase de la calle San Marino entre Berna y Copenhague.



Figura 33. Nivelación de la subbase de la calle San Marino entre Berna y Copenhague.

En la Figura 33 se observa cómo se colocaron las estacas cada 10 m sobre el eje de la calle guiándose con una tanza de albañil atada a clavos en los 2 extremos de la calle.

#### **5.4.4.4. CORDÓN CUNETA**

El replanteo y nivelación para la colocación de encofrados de cordón cuneta se materializó mediante la colocación de clavos de hierro del  $\varnothing 6$  o del 8 de aproximadamente 0.30 m de longitud.

Se colocó un clavo en cada extremo de la calle tanto en la espalda del cordón como en el frente y se los unió con tanza de albañil, seguido a esto se colocaban clavos sobre la línea de la tanza cada de 10 m y si la calle llevaba un quiebre de pendiente se colocaba uno justo en dicho quiebre. Luego se procedía con la nivelación de los clavos de modo tal que el extremo superior de estos coincidiera con la cota correspondiente.

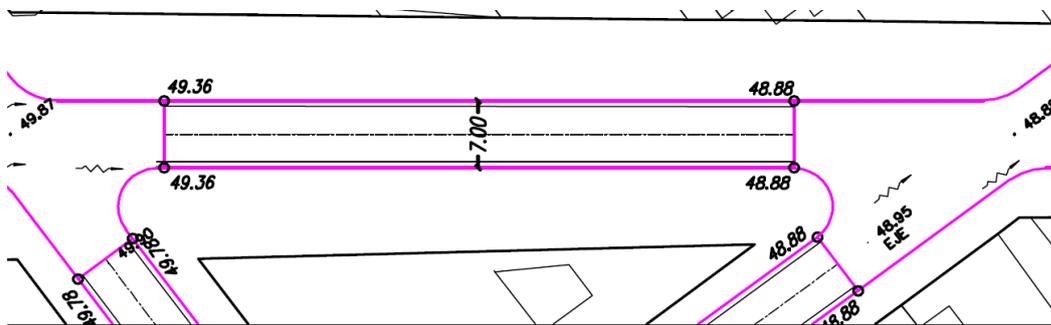
## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

Los clavos de la espalda de cordón se nivelaban con la cota del proyecto mientras que los clavos del frente del cordón se le daban 5 cm más que la cota de espalda, esto es debido a la pendiente que lleva la cuneta.

La lectura del cordón cuneta en cada progresiva se calculó como la diferencia entre el plano visual y la cota de rasante en cada progresiva de igual manera que como se explicó en el apartado de Desmonte.

En la Figura 34 se muestra la planilla que se utilizaba para realizar el cálculo de la lectura de la rasante correspondiente a cada progresiva.

**Calle:** Copenhague (Entre Berna y San Marino)



<b>Longitud:</b> 64,56	0,484	<b>Pto Fijo:</b> 50,1	1,3
		<b>LPF:</b> 1,3	
		<b>PV:</b> 51,4	

Progresiva	Terreno Natural	Rasante	SubRasante	SubBase	Lectura	Observ.
0		49,36	49,06	49,21	2,04	
10		49,29	48,99	49,14	2,12	
20		49,21	48,91	49,06	2,19	
30		49,14	48,84	48,99	2,27	
40		49,06	48,76	48,91	2,34	
50		48,99	48,69	48,84	2,42	
60		48,91	48,61	48,76	2,49	
64,56		48,88	48,58	48,73	2,52	

Figura 34. Planilla para nivelación de rasante.

En la Figura 35 se observa la nivelación del cordón cuneta de la calle San Marino entre Varsovia y Praga.

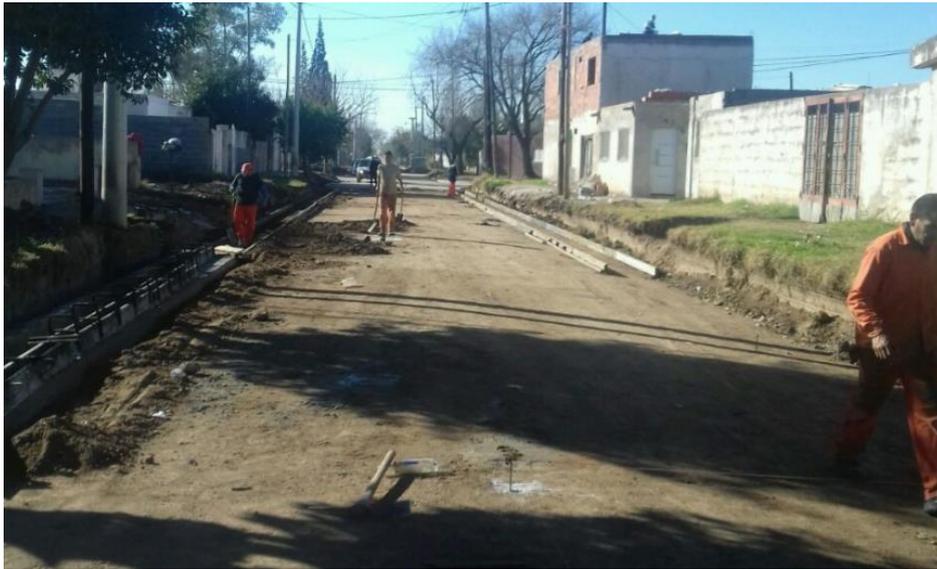


Figura 35. Nivelación del cordón cuneta de la calle San Marino entre Varsovia y Praga.

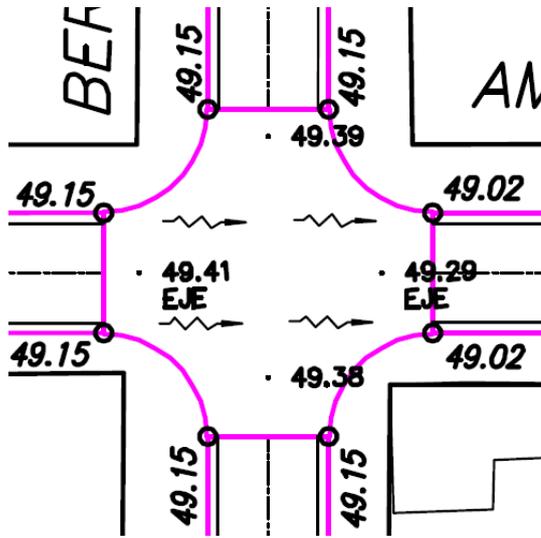
En la Figura 35 se muestra la colocación de las 2 tanzas de albañil que sirven como guía para la colocación de los moldes del cordón cuneta.

#### **5.4.4.5. BOCACALLES**

El replanteo y nivelación para la colocación de los encofrados de las bocacalles se materializo mediante la colocación de clavos de hierro del  $\varnothing$  6 o del 8 de aproximadamente 0.30 m de longitud.

En la Figura 36 se muestra la planilla de nivelación de la rasante en la bocacalle de Berna y Ámsterdam.

Esquina: Berna y Ámsterdam



Punto N°	Rasante	SubRasante	SubBase	Lectura
1	49,15	48,85	49,00	2,25
2	49,15	48,85	49,00	2,25
3	49,15	48,85	49,00	2,25
4	49,15	48,85	49,00	2,25
5	49,02	48,72	48,87	2,38
6	49,02	48,72	48,87	2,38
7	49,15	48,85	49,00	2,25
8	49,15	48,85	49,00	2,25

Pto Fijo: 50,10  
 LPF: 1,30  
 PV: 51,40

Figura 36. Bocacalle Berna y Ámsterdam.

Una vez construidos los cordones de la calle Berna ambos con una cota de 49.15 y los cordones de la calle Ámsterdam de cota 49.15, se comenzó a la nivelación de la bocacalle, previo a esto se replantearon los principios de curva de la calle Ámsterdam con cota 49.02.

Para poder hormigonar la bocacalle se necesitaron clavos en los ejes en dirección a los principios de curva, en el centro de la bocacalle y en la línea de agua de la misma. Sobre las últimas se colocaban 3 clavos para poder materializarlas una vez colado el hormigón.

Una vez colocados todos los clavos se precedió a la nivelación de los mismos.

En la Figura 37 se muestra la nivelación de la bocacalle de las calles Los Pinos y Casavega.



Figura 37. Bocacalle Berna y Ámsterdam.

En la Figura 37 se observa la nivelación para el hormigonado de  $\frac{1}{4}$  de bocacalle. Para poder realizar la nivelación se colocó un clavo en el eje de una de las calles que concurren a la intersección, otro en el centro de la bocacalle y otros para materializar la curva que une a los 2 principios.

#### **5.4.4.6. CALLES DE HORMIGÓN**

El replanteo y nivelación para la colocación de los encofrados de las calles de hormigón se materializó mediante la colocación de clavos de hierro del  $\varnothing 6$  o del  $\varnothing 8$  de aproximadamente 0.30 m de longitud.

Para poder replantear la calzada se colocaron 2 clavos en el eje y en la espalda del cordón de ambos extremos de la calles y se los unió con tanza de albañil. Se colocaban clavos sobre la línea de la tanza cada 10 m y si la calle llevaba un quiebre de pendiente se colocaba uno justo en dicho quiebre. Luego se procedía con la nivelación de los clavos de modo tal que en el extremo superior de estos conceda con la cota correspondiente.

Al tener la calle una pendiente transversal del 2%, la lectura del eje de la calle eran 7 cm más que la lectura de la espalda de cordón en la misma progresiva. Por lo tanto, para la nivelación del eje de la calzada se calculaba la lectura de espalda de cordón y se le sumaban 7 cm a dicha lectura.

Una vez los clavos nivelados, se colocaban los encofrados correspondientes y se procedía con el hormigonado de media calzada, luego de haber fraguado el hormigón se procedía con el hormigonado de la media calzada restante pero en esta última no se necesitaba nivelar ya que utilizaban de guía el cordón cuenta y la mitad de calzada ya hormigonada.

## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

---

La planilla que se utilizó para replantear y nivelar la calzada es la misma que la Figura 35 pero sumándole 7 cm a la lectura de espalda de cordón que sería la rasante en dicha figura.

En la Figura 38 se muestra el hormigón de media calzada de la calle Los Pinos entre Avdor. Locatelli y Casavega.



Figura 38. Hormigón de media calzada de la calle Los Pinos entre Avdor. Locatelli y Casavega.

En la Figura 38 se observa que falta el cordón cuneta de la mano izquierda de la calle, esto se debe a que el pliego especificaba que los cordones cuneta deben ser unificados, por lo tanto en las calles de pavimento rígido se hormigonaba la calzada junto con el cordón.

## **6.CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL**

### **6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Los controles de obra se realizaron a fines de constatar la calidad de cada una de las capas del paquete estructural efectuadas.

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

Las densidades en obra se obtuvieron mediante el método del cono de arena, lo que implicó la necesidad de realizar el ensayo Proctor del material con el que se estuvo trabajando, para determinar su densidad máxima y humedad óptima. Luego, la densidad in-situ obtenida, se comparó con la densidad máxima del ensayo Proctor, exigiendo diferentes porcentajes según la capa que se estuvo inspeccionando.

#### **6.1.1. NORMA DE ENSAYO VN-E5-93. ENSAYO PROCTOR**

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para estudiar las variaciones del peso unitario de un suelo en función 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 de Peso Unitario, llamado Densidad Seca Máxima.

Este método considera diversas formas de operar de acuerdo a las características granulométricas del material.

Equipo:

- Molde de compactación con base y collar.
- Martillo de compactación.
- Bandeja para contenido de humedad.
- Bandeja mezcladora grande.
- Balanza de precisión, de 1 Kg. de capacidad con sensibilidad de 0,01 gramo.
- Probetas graduadas de 500 cm<sup>3</sup>.
- Martillo, guantes, punzón, espátula

Procedimiento:

Se prepara material suficiente para tres puntos. Aunque el ensayo normal requiere mínimamente cinco puntos, tres en la rama ascendente y dos en la descendente de la curva Humedad-Densidad. Los pasos a seguir son:

## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

---

- Colocar la muestra preparada sobre una bandeja metálica, previamente tarada en la balanza.
- Tarar una bandeja de pequeñas dimensiones y colocar sobre la misma una muestra del suelo a ensayar. Determinar el peso de dicha muestra. Secar en el horno, retirar, dejar enfriar y obtener el peso de suelo seco. Esto permitirá calcular la humedad natural del suelo.

$$H_{natural}(\%) = \frac{W_{suelo\ humedo} - W_{suelo\ seco}}{W_{suelo\ seco}} \times 100$$

- Determinar el peso del molde con la balanza.
- Tomar parte de la muestra preparada y colocar en el molde, de modo tal que al ser compactada ocupe aproximadamente 1/5 de la altura del mismo.
- Utilizar el pisón y proporcionar la cantidad de golpes correspondiente (25 ó 56) distribuidos de manera adecuada.
- Repetir el procedimiento con las capas restantes hasta completar el volumen del molde.
- Retirar el collar metálico superior y enrasar con la regla.
- Determinar el peso del conjunto (peso del molde más peso de suelo húmedo).
- Obtener el peso de la muestra utilizada, como la diferencia entre el peso del conjunto y el peso del molde.
- Calcular la densidad del suelo húmedo, como la relación entre el peso de suelo húmedo y el volumen del molde.
- Calcular la densidad de suelo seco, a partir de la siguiente expresión:

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

De este modo se tuvo un primer punto para la curva de compactación.

- Retirar entonces la muestra del molde, utilizando punzón y martillo o prensa hidráulica.
- Evaluar el peso de la muestra sobrante en la bandeja.
- Incrementar su humedad. Para ello, se procede de la siguiente manera: conocido el peso de suelo húmedo, la humedad del mismo (que corresponde a la humedad natural del suelo, por ser el segundo punto evaluado), la humedad deseada (como el resultado de añadir humedad a la humedad natural del suelo, para este caso) y el peso de suelo seco, dado por la siguiente expresión:

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

Así, pudo determinarse el peso de suelo húmedo que deberá tener la muestra luego de añadir el agua:

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

Finalmente, se determina el peso (y por lo tanto el volumen) de agua que debe agregarse, como:

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

Utilizando la probeta graduada se añade la cantidad de agua necesaria, se mezcla uniformemente utilizando la espátula y se repitió el procedimiento anterior para determinar la máxima densidad de suelo seco.

Finalizados los puntos, se construye la curva de compactación, en la cual se relaciona la máxima densidad de suelo seco en función de la humedad. Esta curva permite determinar la humedad óptima y la densidad máxima la cual, posteriormente, será útil para obtener el grado de compactación.

Se obtuvo la siguiente densidad seca máxima (Densidad Proctor) para cada capa:

- Subrasante: 1.740 g/cm<sup>3</sup>.
- Subbase: 2.090 g/cm<sup>3</sup>.
- Base: 2.245 g/cm<sup>3</sup>.

### **6.1.2. NORMA DE ENSAYO VN-E8-66. CONTROL DE COMPACTACIÓN POR EL MÉTODO DE LA ARENA**

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar en el terreno el peso unitario de un suelo compactado, corrientemente denominado densidad, y establecer si el grado de compactación logrado cumple las condiciones previas.

Equipo:

- Cono de arena propiamente dicho.
- Bandeja de hierro con orificio central.
- Corta hierro, cuchara, espátula.
- Masa.

Procedimiento:

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

- Para determinar el volumen se utilizó arena normaliza cuya densidad se conoce.
- 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 normalizada P1.

## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

---

- Se abrió el robinete hasta constatar que el embudo está totalmente lleno. Se cerró el robinete y se pasó la cantidad de arena sobrante en el recipiente superior a un frasco para luego pesarlo en el laboratorio y obtener P3.
- Por diferencia se determinó el peso de la arena necesaria para llenar el embudo o "Contante del embudo o cono" (Pe).
- 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).

Las fórmulas utilizadas para el cálculo fueron:

- Volumen del pozo ( $V_c$ ):

$$V_c = \frac{P_2 - P_4 - P_e}{\gamma_{arena}}$$

$P_2$ : Peso de la arena colocada en el recipiente antes del ensayo.

$P_4$ : Peso arena remanente.

$P_e$ : Constante del embudo e igual a  $P_e = P_1 - P_3$

$\gamma_{arena}$ : Densidad de la arena normalizada.

- Humedad de la muestra (H): En el momento del ensayo se calcula mediante la expresión:

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

$P_{sh}$ : Peso del suelo húmedo.

$P_{ss}$ : Peso del suelo seco.

- Densidad húmeda del terreno ( $D_{sh}$ ):

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

- Densidad seca del terreno ( $D_{ss}$ ):

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

- Grado de compactación (C):

$$C = \frac{D_{ss}}{D} \times 100$$

D: Densidad que debió obtenerse según lo indicado en el Pliego de Especificaciones de la obra

Los Valores Soporte indicados, deberán lograrse al 97% de la Densidad Seca Máxima obtenida acorde a la Norma de Ensayo VN - E5 - 93, "Compactación de Suelos" empleando el Método de Ensayo VN, (VN: Vialidad Nacional).

Para cada capa (base y subbase) se exigirá un grado de compactación del 97 % (noventa y siete por ciento) de la Densidad Máxima obtenida. En las tablas 6.3 se anexan los resultados obtenidos.

## 6.2. CONTROL EN SUBRASANTE

La subrasante fue conformada y perfilada mediante nivelación, eliminando irregularidades en todo sentido para asegurar espesores correctos y uniformes de las capas que la recubrían.

De acuerdo al pliego de especificaciones técnicas, cada capa de suelo colocada deberá ser compactada hasta obtener el porcentaje de densidad que a continuación se indica con respecto a la máxima establecida por el ensayo que se especifica en la norma de ensayo VN-E-5-93.

El piso de excavación deberá ser compactado a una densidad de 90% de la densidad máxima.

-Las capas subsiguientes hasta cota -0,30 m por debajo de la superficie de subrasante se exigirá 92% de la densidad máxima.

-Los últimos 0,30 m se deberá compactar al 95% de la densidad máxima.

La densidad y la humedad en obra se obtienen mediante el método del cono de arena, cuya denominación para la Dirección Nacional de Vialidad es VN - E8 - 66.

En la Figura 39 se muestra el ensayo de densidad de la subrasante de la calle Bonn entre Berna y Berlín.

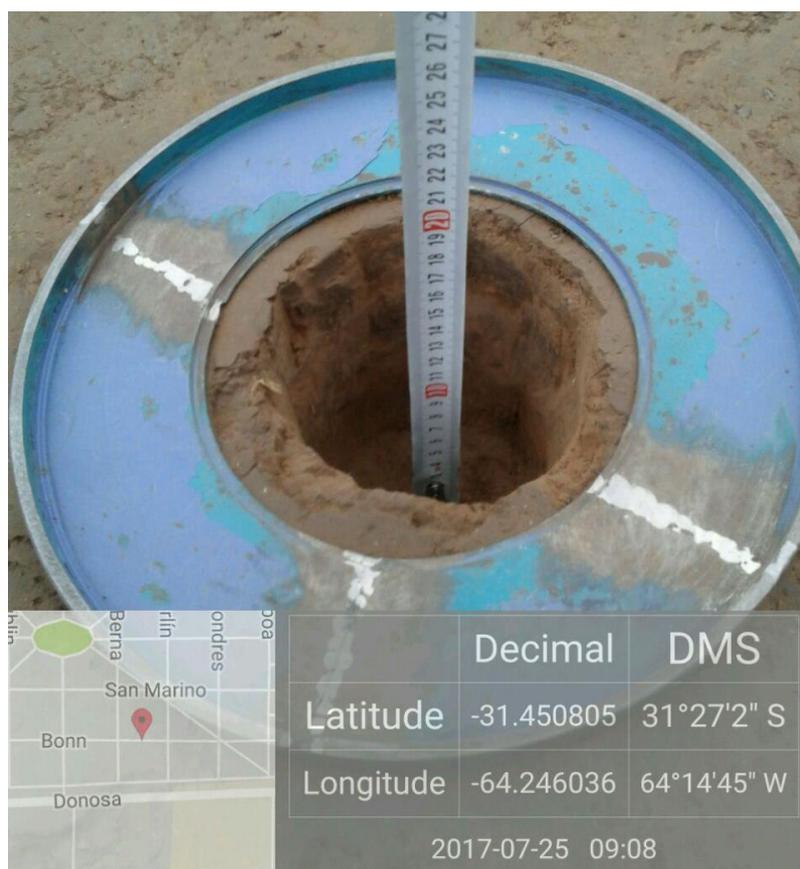


Figura 39. Ensayo de densidad de subrasante de la calle Bonn entre Berna y Berlín.

### 6.3. CONTROL EN SUBBASE Y BASE GRANULAR

La subbase fue conformada y perfilada mediante nivelación, eliminando irregularidades en todo sentido para asegurar espesores correctos y uniformes de las capas que la recubrían.

Al igual que la capa anterior, se realizó el ensayo en obra del cono de arena y se comparó con la densidad del Ensayo Proctor V.N.E-5-93.

La subbase se exigía un grado de compactación del 95% de la densidad máxima, mientras que la base granular se exigía un 97% de la densidad máxima.

En la Figura 40 se muestra el ensayo de densidad de la subbase de la calle Tallin entre Berlín y De Isasi.

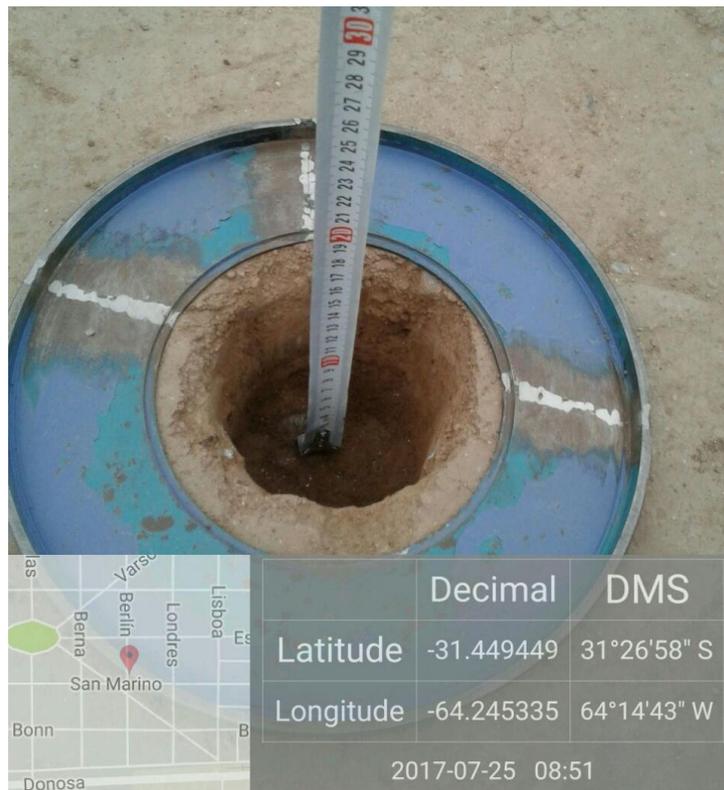


Figura 40. Ensayo de densidad de subbase de la calle Tallin entre Berlín y De Isasi.

Tanto en la Figura 39 como en la 40 se observa una cinta métrica, la cual se utilizaba para constatar la profundidad a la que se tomaba el ensayo.

En la Figura 41 se muestra la planilla que se utilizó para realizar el control de compactación de las diferentes capas.

## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

EMPRESA: ARC  
 OBRA: Pavimentación Bº Estación Flores

### CONTROL DE COMPACTACION (DENSIDAD) POR EL METODO DE LA ARENA

FECHA: 30/6/2017 Estructura: SUBBASE  
 TRAMO: Isasi 3557 N° Ensayo: 1

PROCTOR DE REFERENCIA: VN-ES-93- método I

Humedad óptima	-	Densidad máxima [gr/cm³]	2,090
----------------	---	--------------------------	-------

% HUMEDAD DEL SUELO <i>in situ</i>	7
------------------------------------	---

Vol. Cono Inf.	1000,00 cm³
----------------	-------------

Densidad ap. del cuarzo [gr/cm³]	1,350
----------------------------------	-------

W <sub>cuarzo inicial</sub> [gr]	W <sub>cuarzo final</sub> [gr]	W <sub>a. cono + pozo</sub> [gr]	Volumen Pozo+cono [cm³]
4000	706	3294	2440

DENSIDAD PROCTOR:	2,090 gr/cm³
-------------------	--------------

Volumen Pozo [cm³]	DENSIDAD					CONDICIÓN
	W <sub>sh</sub> [gr]	γ <sub>sh</sub> [gr/cm³]	γ <sub>ss</sub> [gr/cm³]	Compactación [%]	Especificación [%]	
1440	3203	2,224	2,079	99,5	95%	CUMPLE

Figura 41. Planilla para el control de compactación.

Estas planillas fueron de utilidad ya que permitieron tener la información necesaria para poder llevar a cabo un seguimiento sobre a qué calle se le realizó el ensayo y si este cumple o no con la especificación del pliego. Además de poder verificar la fecha en que se realizó el ensayo como así también el número de este.

Si en algún momento las empresas que llevaban a cargo la obra o el inspector municipal tenían alguna duda si se realizó el ensayo, se buscaba la planilla y se constataba.

## **7. INFORME DE AVANCE DE OBRA**

Al finalizar cada quincena se debía presentar a la Municipalidad de Córdoba, Dirección de Obras Viales, un informe de avance de obra.

Para poder realizar este, se les pedía a las empresas sus avances estimativos de las tareas que podían llegar a realizar al finalizar la quincena. Con estos se realizaba un avance real de las tareas realizadas hasta el día de la fecha, y este era el que se le presentaba al inspector municipal.

Para realizar el avance real, se recorría la obra y se iba verificando las tareas realizadas en cada una de las calles.

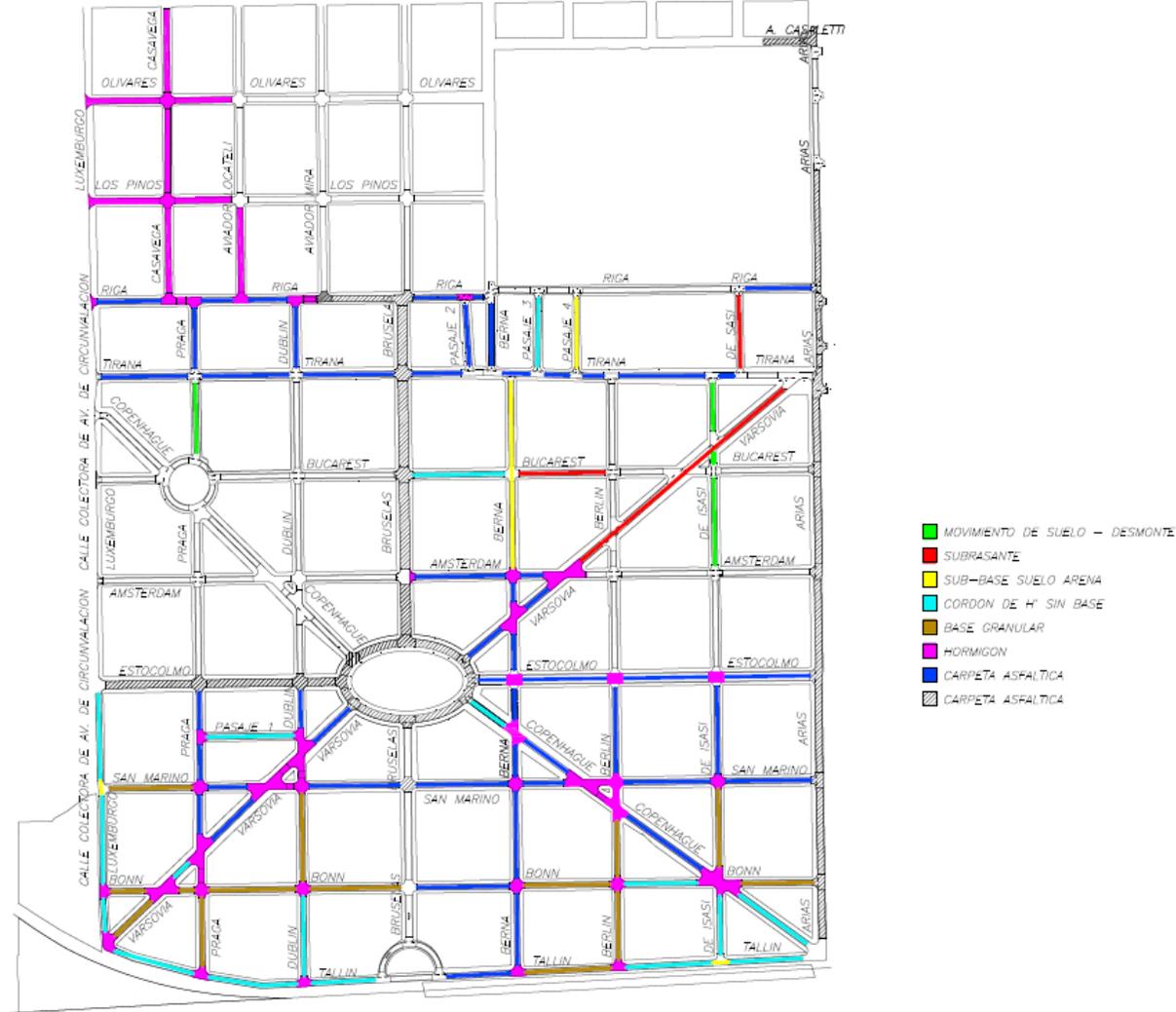
Cada fotografía que se presentaba en el informe, ya sea de tareas realizadas, espesores de capas y ensayos, iba acompañada de la ubicación de donde fueron tomadas. Esto servía para poder constatar que realmente las fotografías eran de las calles donde se realizaban las tareas.

El contenido del informe era el siguiente:

### **7.1. PLANIMETRÍA GENERAL DE LA OBRA**

Este informe contenía una planimetría general de la obra en donde se podían observar las tareas realizadas en cada calle. Para que la Municipalidad pueda constatar que las tareas se habían realizado, se colocaban fotografías en donde se observaba la realización de cada tarea.

En la Figura 42 se muestra la planimetría general de los barrios en donde se puede visualizar en qué situación se encuentra cada calle.



**AVANCE DE OBRA – PAVIMENTACION BARRIO ESTACION FLORES**

Figura 42. Situación en que se encuentra cada calle de los barrios.

En la Figura 43 se muestra la finalización del cordón cuneta de la calle Bonn entre De Isasi y Arias.



Figura 43. Cordón cuenta de la calle Bonn entre De Isasi y Arias.

## 7.2. ESPESORES

Para poder constatar que los espesores de las diferentes capas del paquete estructural sean las especificadas, se presentan fotografías donde se observaban los espesores de dichas capas.

En la Figura 44 se muestra el espesor del hormigón de la bocacalle de Copenhague, Bonn y De Isasi.

## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL



Figura 44. Espesor del hormigón de la bocacalle de Copenhagen, Bonn y De Isasi.

En la Figura 45 se observa el espesor de desmonte de la calle De Isasi entre Varsovia y Tirana.



Figura 45. Espesor del desmonte de la calle De Isasi entre Varsovia y Tirana.

## RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

### 7.3. ENSAYOS DE DENSIDADES

Se le añadía una planilla donde se podía observar los ensayos realizados a cada capa y si estos cumplían o no con las exigencias.

En la Figura 46 se muestra la planilla ensayos de densidades que se presentaba.

ENSAYOS								Comentarios
Calle	Tramo	Subrasante		Subbase		Base		
		Proctor Dens. Máx.	% Densidad de Proctor	Proctor Dens. Máx.	% Densidad de Proctor	Proctor Dens. Máx.	% Densidad de Proctor	
Tallin	Bocacalle con Luxemburgo y Varsovia			2,09	95,70			
	Entre Avdor. Petirosi y Dublín			2,09	97,70			
	Al 4226	1,74	90,80					
	Al 4256			2,09	96,52			
Copenhague	Al 4218			2,09	95,50			
Berna	Al 3349	1,74	91,80	2,09	95,50			
	Esquina Bucarest	1,74	92,40	2,09	98,06			
	Entre Estocolmo y Varsovia					2,25	94,79	
	Al 3250	1,74	90,80					
	Al 3277			2,09	94,90			
Bonn	Al 4517					2,25	98,34	
	Entre Praga y Dublín					2,25	94,70	
	Al 4926 entre Varsovia y Luxemburgo					2,25	96,49	
	Entre De Isasi y Arias					2,25	98,50	
Luxemburgo	Al 3573			2,09	97,50			
Varsovia	Al 4979 entre Bonn y Luxemburgo					2,25	95,15	
	Al 4623					2,25	98,40	
	Esquina Berlín			2,09	97,83			
Praga	Al 3748 entre Tallin y Bonn					2,25	91,05	
	Al 3170					2,25	99,80	
Ámsterdam	Al 4639					2,25	98,10	
Dublín	Al 3163					2,25	94,70	
	Entre San Marino y Bonn					2,25	98,39	
Riga	Al 4841					2,25	95,10	
	Al 4891					2,25	99,51	
Bucarest	Al 4546	1,74	89,70					
Berlín	Entre Tallin y Bonn					2,25	98,33	

Figura 46. Planillas de ensayos de densidades.

Como se puede observar en la planilla se encuentra la calle y el tramo como también la capa que se le realizo el ensayo.

Seguido a esta planilla se añadían fotografías que constaten que el ensayo se había realizado.

En la Figura 47 se muestra la fotografía con la ubicación en donde se realizó el ensayo.



Figura 47. Ensayo de Base granular en la calle Ámsterdam entre Avdor. Petirosi y Berna.

En el anexo se encuentra el informe completo del avance de obra de la 2<sup>da</sup> quincena de Julio de 2017.

## 8. CONCLUSIONES

La ejecución de la obra de pavimento en los barrios: Estación Flores y Villa Aspacia, ubicados al Suroeste de la ciudad de Córdoba; tuvo como objetivo lograr una significativa mejora en el drenaje superficial de aguas pluviales, mejorando además el tránsito vehicular y peatonal, y reduciendo los costos actuales de mantenimiento (perfilado de calles de firme natural). Adicionalmente, quedaron materializadas las líneas de vereda, brindando un mayor grado de consolidación de la urbanización existente. También se produjeron cambios en el paisaje urbanístico de la zona y el valor inmobiliario de las propiedades en donde se realizaron las obras de pavimentación.

Con respecto a la realización de la Red de Puntos Fijos, ésta fue de gran importancia ya que fue la base de apoyo para poder realizar las tareas de relevamiento y nivelación de las diferentes calles de los barrios. Cometer un error en esta instancia traería consecuencias en el desarrollo de la obra.

En lo que refiere al relevamiento de umbrales desagües y calles construidas, fue de importancia debido a que esta tarea permitió verificar que las cotas del proyecto no coincidían con las cotas reales en obra, por lo que hubo que modificar el proyecto permitiéndome adquirir nuevos conocimientos.

Con respecto a la nivelación de las calles, es necesario destacar que un error en esta instancia provocaría modificación en los espesores de las diferentes capas del paquete estructural como en el escurrimiento de las aguas, por lo que se trató de ser lo más preciso posible y siempre verificar los puntos nivelados.

En cuanto al control de calidad del paquete estructural, se realizaron los ensayos de densidades tratando de ser lo más cauto posible para no alterar el resultado de dichos ensayos y poder determinar si cumplían con las exigencias del pliego de especificaciones.

Desde el punto de vista académico, se puede decir que el desarrollo de la práctica supervisada cumplió con su principal objetivo, la inserción del alumno en el ámbito laboral, desempeñando tareas directamente relacionadas con la profesión.

En lo personal se puede decir que se han cumplido los objetivos planteados en el presente informe. Durante la Práctica Supervisada se aplicaron efectivamente los conocimientos adquiridos en diversas materias durante el cursado de la carrera.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Normas de Ensayos. VN-E5-93. Ensayo Proctor.
- Normas de Ensayos. VN-E8-66. Control de Compactación por el Método la Arena.
- Cátedra de Transporte III. Apuntes de la cátedra de transporte III.
- <http://www.esc.civil.efn.uncor.edu/wp-content/uploads/2013/06/regimenpracticassupervisada.pdf>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Nivel\\_topográfico](https://es.wikipedia.org/wiki/Nivel_topográfico)
- <http://axisima.com/en-que-consiste-la-nivelacion-topografica/>
- [www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/introduccion-al-nivel-optico](http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/introduccion-al-nivel-optico)
- <http://topografia2.com/origen-y-tipos-de-errores-en-topografia/>
- <http://www.geosistemassrl.com.ar/index.php/productos-tipo/accesorios>
- <https://geotop.com.pe/producto/niveles/nivel-automatico/topcon-atb2-atb4/>

## **10. ANEXOS**

A continuación se anexarán en el orden siguiente:

1. Pliego. Obra: Pavimentación barrio Estación Flores – Sector Suroeste de la ciudad de Córdoba.
2. Planos de la obra.
3. Informe de avance de obra de la 2<sup>da</sup> quincena de julio de 2017