

2019

Pista de ciclismo Estadio Kempes



Relevamiento Topográfico y Drenaje

Alumno: Catalano Francisco

Supervisor externo: Ing. Alejandro G. Baruzzi

Tutor docente: Ing. Alejandro G. Baruzzi

Contenido

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | INTRODUCCION | 5 |
| 2. | MARCO TEORICO | 6 |
| 2.1. | PROYECTO DE REESTRUCTURACION DE LA PISTA DE CICLISMO | 6 |
| 2.2. | TOPOGRAFIA..... | 7 |
| 2.2.1. | DEFINICION DE TOPOGRAFIA | 7 |
| 2.2.2. | SISTEMA DE APOYO | 7 |
| 2.2.3. | SISTEMA DE APOYO EN OBRAS VIALES | 11 |
| 2.2.4. | MEDICION DE DISTANCIAS..... | 13 |
| 2.2.5. | LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO..... | 14 |
| 2.2.6. | RELEVAMIENTO DE DETALLES | 15 |
| 2.2.7. | METODO DE MEDICION Y POSICIONAMIENTO | 17 |
| 2.2.8. | INSTRUMENTOS A UTILIZAR..... | 18 |
| 2.3. | DRENAJE | 21 |
| 2.3.1. | CARACTERIZACIÓN DEL DRENAJE URBANO | 21 |
| 2.3.2. | MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS SOBRE EL DRENAJE URBANO .. | 23 |
| 2.3.3. | GRADO DE PROTECCIÓN | 24 |
| 2.3.4. | CAUDALES DE DISEÑO..... | 26 |
| 2.3.5. | DISEÑO HIDRÁULICO..... | 35 |
| 3. | RELEVAMIENTO DE INFORMACION..... | 41 |
| 3.1. | SISTEMA DE APOYO | 42 |
| 3.1.1. | POLIGONAL CERRADA..... | 42 |
| 3.1.2. | SISTEMA DE REFERENCIA GLOBAL..... | 43 |
| 3.1.3. | PUNTOS FIJOS..... | 45 |
| 3.2. | LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y RELEVAMIENTO DE DETALLES | 46 |
| 3.3. | PLANO TOPOGRAFICO SITUACION ACTUAL..... | 50 |
| 3.4. | CONCLUSIONES..... | 52 |
| 4. | PROCESAMIENTO INFORMACION – DRENAJE..... | 52 |
| 4.1. | ZONA OESTE | 53 |
| 4.1.1. | OBTENCION DEL CAUDAL..... | 56 |
| 4.1.2. | VERIFICACION DE LA CUNETAS | 57 |
| 4.1.3. | VERIFICACION DEL CAÑO DE DESAGÜE | 58 |

| | | |
|--------|---------------------------------------|----|
| 4.1.4. | CAMARA DE INSPECCION..... | 59 |
| 4.2. | ZONA ESTE..... | 60 |
| 4.2.1. | OBTENCION DEL CAUDAL..... | 63 |
| 4.2.2. | VERIFICACION DEL CAÑO DE DESAGÜE..... | 64 |
| 4.2.3. | DISEÑO DE SUMIDERO..... | 65 |
| 4.3. | OBRAS COMPLEMENTARIAS..... | 66 |
| 4.4. | COMPUTO METRICO..... | 72 |
| 5. | CONCLUSIONES..... | 72 |
| 5.1. | ESPECÍFICAS..... | 72 |
| 5.2. | GENERALES..... | 73 |
| 6. | BIBLIOGRAFIA..... | 74 |
| 7. | ANEXO..... | 74 |

Tabla de Ilustraciones

| | |
|--|----|
| Ilustración 1: Circuitos Originales Fuente: Propia | 6 |
| Ilustración 2: Sistema de Referencia Geodésico Fuente: https://www.imagenesmy.com | 8 |
| Ilustración 3: Datum Fuente: http://www.letraherido.com | 9 |
| Ilustración 4: Punto Trigonométrico IGN Fuente: http://www.ign.gob.ar/ | 11 |
| Ilustración 5: Poligonal de apoyo Fuente: http://topografiabasicasena.blogspot.com/12 | |
| Ilustración 6: Estación Total Nikon 323 Fuente: Propia | 18 |
| Ilustración 7: Representación de la Constelación de Satélites Fuente: https://docplayer.es/ | 19 |
| Ilustración 8: Cinta Ruleta Fuente: https://www.google.com/ | 21 |
| Ilustración 9: Impacto hidrológico de la urbanización Fuente: Filminas de clase de Transporte II, FCEFyN - UNC..... | 23 |
| Ilustración 10: Precipitación Horaria Fuente: Manual de Diseño Geométrico Vial | 32 |
| Ilustración 11: Caudal Parte 1 Fuente: Manual de Diseño Geométrico Vial..... | 34 |
| Ilustración 12: Caudal Parte 2 Fuente: Manual de Diseño Geométrico Vial..... | 35 |
| Ilustración 13: Tipos de Sumideros Fuente: http://docentes.uto.edu.bo/ | 38 |
| Ilustración 14: Detalle Sumidero de Reja Fuente: https://es.slideshare.net/Netkham/calculo-de-cordon | 39 |
| Ilustración 15: Detalle Sumidero Tipo Ventana Fuente: https://es.slideshare.net/Netkham/calculo-de-cordon | 40 |
| Ilustración 16: Detalle Cámara de Inspección Fuente: https://www.bibliocad.com/ | 41 |
| Ilustración 17: Poligonal Cerrada Fuente: Propia | 43 |
| Ilustración 18: Punto 45 Fuente: Propia | 44 |
| Ilustración 19: Introduciendo Coordenadas Punto 45 Fuente: Propia | 44 |
| Ilustración 20: Puntos Fijos con aerosol Fuente: Propia | 45 |
| Ilustración 21: Estacas de Madera Fuente: Propia | 46 |
| Ilustración 22: Medición con Estación Total Fuente: Propia..... | 47 |
| Ilustración 23: Prisma Fuente: Propia | 48 |
| Ilustración 24: Desagüe mal diseñado cerca al PF 1 Fuente: Propia | 49 |
| Ilustración 25: Poste de luz a ser removido Fuente: Propia | 49 |
| Ilustración 26: Pozo de Cablevisión Fuente: Propia | 50 |
| Ilustración 27: Situación Actual Fuente: Propia | 51 |
| Ilustración 28: Situación Actual con Proyecto Fuente: Propia | 51 |
| Ilustración 29: Problemas de Drenaje Fuente: Propia | 53 |
| Ilustración 30: Drenaje mal resuelto Fuente: Propia..... | 54 |
| Ilustración 31: Pozo de Servicios Fuente: Propia..... | 55 |
| Ilustración 32: Proyecto Zona Oeste Fuente: Propia | 56 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 33: Cámara de inspección Fuente: Propia | 59 |
| Ilustración 34: Boca de Tormenta existente Fuente: Propia..... | 60 |
| Ilustración 35: Mal Drenaje de BT Fuente: Propia..... | 61 |
| Ilustración 36: Boca de Inspección Fuente: Propia..... | 62 |
| Ilustración 37: Proyecto Zona Este Fuente: Propia | 62 |
| Ilustración 38: Sumidero Tipo Ventana Fuente: Propia..... | 65 |
| Ilustración 39: Cuneta tapada por barro Fuente: Propia | 66 |
| Ilustración 40: Cuneta tapada por ramas y desechos Fuente: Propia | 67 |
| Ilustración 41: Cuneta con barro y pasto Fuente: Propia | 68 |
| Ilustración 42: Cuneta con barro y pasto Fuente: Propia | 68 |
| Ilustración 43: Cuneta de estacionamiento con barro, desechos y escombros Fuente: Propia | 69 |
| Ilustración 44: Entorpecimiento del curso del agua Fuente: Propia | 70 |
| Ilustración 45: Limpieza de desagües Fuente: Propia..... | 71 |
| Ilustración 46: Boca de tormenta Fuente: Propia..... | 71 |

Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Coeficiente K Fuente: Manual de Diseño Geométrico Vial..... | 31 |
| Tabla 2: Característica de la cuenca Fuente: Manual de Diseño Geométrico Vial..... | 33 |
| Tabla 3: Caudal cuenca 1 Fuente: Propia | 57 |
| Tabla 4: Caudal cuenca 2 Fuente: Propia | 57 |
| Tabla 5: Cálculo Cuneta Fuente: Propia | 58 |
| Tabla 6: Cálculo Caño Colector Fuente: Propia | 59 |
| Tabla 7: Caudal cuenca 3 Fuente: Propia | 63 |
| Tabla 8: Caudal cuenca 4 Fuente: Propia | 63 |
| Tabla 9: Caudal cuenca 5 Fuente: Propia | 64 |
| Tabla 10: Cálculo caño Colector Fuente: Propia..... | 64 |
| Tabla 11: Cómputo Métrico Fuente: Propia..... | 72 |

1. INTRODUCCION

El Estadio Mario Alberto Kempes (en sus orígenes Estadio Olímpico Córdoba), más conocido como Chateau Carreras, es un estadio ubicado en la reserva natural Chateau Carreras, sobre la Av. Cárcano, en la provincia de Córdoba, Argentina. El estadio pertenece y es administrado por el Gobierno de la Provincia de Córdoba.

Comenzó a construirse en el año 1975 con motivo del XI Campeonato Mundial de Fútbol "Argentina 1978".

En 2010, fue aprobado el cambio de nombre por Estadio Mario Alberto Kempes, en homenaje al ex futbolista cordobés.

La remodelación para la Copa América 2011 fue inaugurada el 26 de junio de dicho año, ampliando su capacidad.

El Estadio albergó una innumerable cantidad de acontecimientos deportivos y musicales de nivel internacional y es el lugar elegido para la preparación de los deportistas, por sus cómodas y completas instalaciones:

- Campo de juego principal
- Pista de atletismo de solado sintético
- Canchas de tenis de polvo de ladrillo
- Campo de juego auxiliar de césped sintético, modulable
- Cancha de hockey de piso sintético de agua
- Gimnasio de musculación
- Gimnasio y miniestadio de boxeo
- Pileta olímpica de 50 m climatizada
- Natatorio cubierto de 25 m.
- Circuito de ciclismo

En este informe se hará hincapié en una instalación en particular, la pista de ciclismo.

Originalmente el circuito grande contaba con 2000 metros de extensión aproximadamente, dividido en tres carriles, en la periferia de las instalaciones del Estadio, sumado a un circuito chico de 1439 metros de extensión. Se encontraba totalmente cerrado y habilitado oficialmente para competencias.

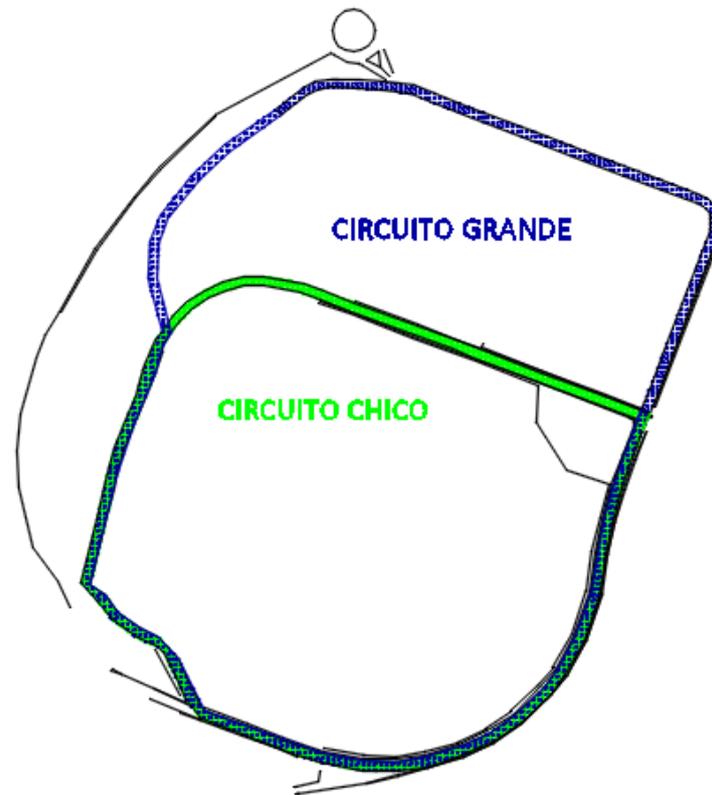


Ilustración 1: Circuitos Originales
Fuente: Propia

Actualmente, la misma no se encuentra en óptimas condiciones. El circuito grande de 2km ha sido interrumpido por la construcción de una cancha de tenis en la zona Noroeste del establecimiento; y además cuenta con problemas de drenaje en diversos puntos.

2. MARCO TEORICO

2.1. PROYECTO DE REESTRUCTURACION DE LA PISTA DE CICLISMO

El proyecto a realizar en la zona del estadio Kempes implica la reestructuración de la pista de ciclismo, logrando poner en funcionamiento nuevamente el circuito grande que ha sido interrumpido por la construcción de una cancha de tenis con motivo del ATP 250 del año 2018.

Para ello se recurrió a la bibliografía “Guide for the Development of Bicycle Facilities 2012” de la AASHTO, actuando como guía para el diseño del tramo necesario a proyectar.

También fue necesario un estudio de la zona realizado mediante un levantamiento topográfico para poder así realizar un plano digital del terreno en el cual poder trabajar. Una vez obtenido el mismo se procedió a mejorar el sistema de drenaje del circuito, el cual presentaba ciertos puntos con dificultades para drenar correctamente el agua de la calzada.

2.2. TOPOGRAFIA

2.2.1. DEFINICION DE TOPOGRAFIA

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales. Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno (hasta 30 km), utilizando la denominación de geodesia para áreas mayores.

Para eso se utiliza un sistema de coordenadas tridimensional, siendo la X y la Y competencia de la planimetría, y la Z de la altimetría.

Es una ciencia técnica que nos permite determinar con simples mediciones de líneas, ángulos y desniveles, la posición relativa de los puntos en el terreno, y confeccionar los gráficos demostrativos correspondientes. Por lo tanto, decimos que, con esta técnica, se miden: Distancias, Ángulos Horizontales, Ángulos Verticales y Desniveles o Cotas.

2.2.2. SISTEMA DE APOYO

Este sistema, es la esencia misma de la calidad geométrica del proyecto. Se ejecuta previo al relevamiento. El mismo, vincula estrechamente la realidad con el proyecto, el replanteo y la construcción futura de la obra. Es una columna vertebral que sirve de sustento, fija la escala, garantiza la homogeneidad de las exactitudes y asegura una estrecha relación entre: Levantamiento Topográfico, Proyecto Ejecutivo y Replanteo de Obra. El sistema Geométrico de Apoyo se encuentra conformado por: el Sistema de Referencia y el Marco de Referencia.

SISTEMA DE REFERENCIA

Un sistema de referencia en una terna de ejes ordenados, a los cuales se refieren los puntos expresados en un sistema de coordenadas espaciales. Tanto el origen como los ejes se encuentran muy lejos de la zona de trabajo, tan lejanos e inaccesibles, como el centro mismo del planeta.

Al origen de un sistema de referencia se lo denomina "Datum".

Existen tres tipos de sistema de coordenadas:

- **Sistema de Referencia Geodésico o Geográfico**

La superficie de la tierra, puede representarse con mucha aproximación mediante un Elipsoide de Revolución. Sobre esta superficie auxiliar, se definen las coordenadas geodésicas que definen la posición de un punto sobre la superficie del elipsoide. Estas coordenadas son la Latitud (φ) y la Longitud (λ). Estas dos coordenadas angulares, medidas desde el centro de la Tierra, son de un sistema de coordenadas esféricas que están alineadas con su eje de rotación y se suelen expresar en grados sexagesimales.

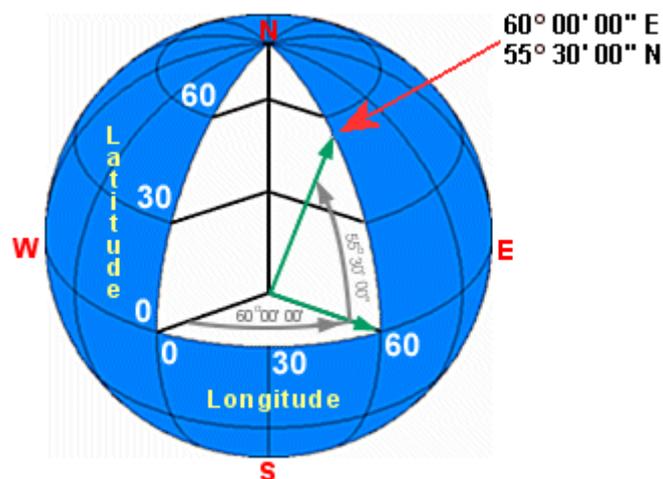


Ilustración 2: Sistema de Referencia Geodésico
Fuente: <https://www.imagenesmy.com>

De acuerdo al método de vinculación del elipsoide de referencia con el geoide, se pueden diferenciar en dos tipos de Datums:

- Centrados: Cuando el centro del elipsoide es coincidente con el centro de masa de la Tierra. La determinación de estos se realiza a través de mediciones realizadas por los satélites en los últimos años.

- Locales: Son los que se utilizan para que el elipsoide se corresponda con la superficie de la tierra en determinada localización geográfica.

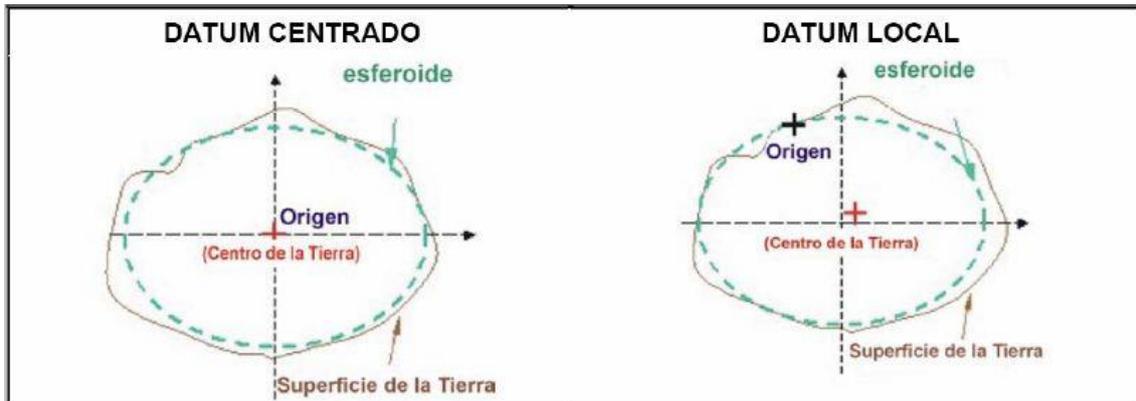


Ilustración 3: Datum

Fuente: <http://www.lettraherido.com>

- **Sistema de Referencia Global**

Es un sistema de referencia absoluto, lo cual significa que cualquier punto de la corteza terrestre queda referido en un sistema único y universal. El origen del sistema se encuentra en el centro de masas de la tierra. Como ejemplo de estos sistemas de referencia globales: WGS84 (World Geodetic System) que corresponde al GPS, que es uno de los más utilizados. WGS'84 es el Datum completo que utiliza el sistema NAVSTAR GPS como referencia. Este incluye un sistema de coordenadas, un elipsoide y un campo gravitatorio en forma de geoide. El elipsoide WGS'84 es una elipse geocéntrica de revolución. Se halla definido por parámetros como:

- Origen en el centro de masas de la tierra.
- El eje Z es paralelo al polo medio
- El eje X es la intersección del meridiano de Greenwich y el plano del Ecuador.
- El eje Y es perpendicular a los ejes Z y X, y coincidente con ellos en el centro de masas terrestre.

WGS'84 – Coordenadas Cartesianas X-Y-Z:

Es el sistema original de GPS, que es un Sistema Triaxial (tres ejes ortogonales cartesianos) con origen en el centro de masas de la tierra, sólidamente unido al elipsoide de revolución. Estos sistemas terrestres (fijados a la Tierra) tienen el eje X solidario al meridiano origen de las longitudes y el eje Z cercano al eje de rotación, por lo que, este sistema, se mueve junto con la tierra. Con este sistema, se presenta la posibilidad de expresar las coordenadas de un punto de la Tierra en términos de latitud, longitud y altura, o en sus respectivas coordenadas X, Y y Z.

- **Sistema de Referencia Local**

El sistema de referencia que llamamos local, también lo llamamos arbitrario. Porque el eje X, se fija de manera aleatoria. Así, por ejemplo, el punto de inicio del trabajo puede ser: X=100; Y=100; Z=100 y el azimut de origen, también arbitrario, generalmente en la dirección del Norte aproximado. Estos sistemas son relativos, de modo que no pueden vincularse dos sistemas locales entre sí.

MARCO DE REFERENCIA

Es el conjunto de elementos que materializan y sustentan el Sistema de Referencia en el terreno; se materializan mediante la monumentación de puntos, a los que se le han asignado coordenadas en el sistema de referencia establecido.

El marco de referencia se completa con el listado de sus coordenadas y monografías de los puntos establecidos. Dichas coordenadas han surgido de un cierto proceso de medición, por lo tanto, están afectadas de errores. Entonces, compone una definición real, física e inevitablemente imperfecta.

El Marco de Referencia Nacional del Sistema Global WGS'84 es la RED POSGAR 07 (Posiciones Geodésicas Argentinas). La red está compuesta de 180 puntos, separados en promedio por una distancia de 150 km., la que asegura la posibilidad de que todas las redes geodésicas provinciales puedan vincularse a ella mediante por lo menos cuatro puntos ubicados dentro del territorio provincial o en sus cercanías.

POSGAR está vinculado al SIRGAS (Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) y responde a los más estrictos estándares de precisión y ajuste en vigencia.

Dentro del marco de referencia, podemos encontrarnos en la vida profesional con Puntos Trigonométricos a los cuales se les conocen tanto sus coordenadas geodésicas y/o su cota o altura vertical, se los reconoce en campo por tener un triángulo en la planchuela; y con Puntos Altimétricos, a los cuales solo se les conoce la cota.



Ilustración 4: Punto Trigonométrico IGN
Fuente: <http://www.ign.gob.ar/>

2.2.3. SISTEMA DE APOYO EN OBRAS VIALES

DISEÑO

La figura estará dada por una poligonal, cuyos vértices deberán colocarse de modo tal de asegurar la intervisibilidad entre los mismos, con el propósito de permitir el empleo de la estación total para el Levantamiento Topográfico, Relevamiento de Detalles y Replanteo del Proyecto.

La distancia entre dichos vértices será variable, siendo ideal su ubicación cada 200 metros en las obras de zonas urbanas o caminos de montañas, y cada 500 metros en la zona rural con pendientes suaves y uniformes.

Se deberán dejar, además, vértices del Sistema de Apoyo en los cruces especiales e importantes (ríos, arroyos, ferrocarriles, rutas o puntos de importancia para la obra).

Lo ideal es planificar el diseño del polígono sobre una herramienta de ayuda como lo puede llegar a ser Google Earth y luego revisarlo con una recorrida previa en campo.

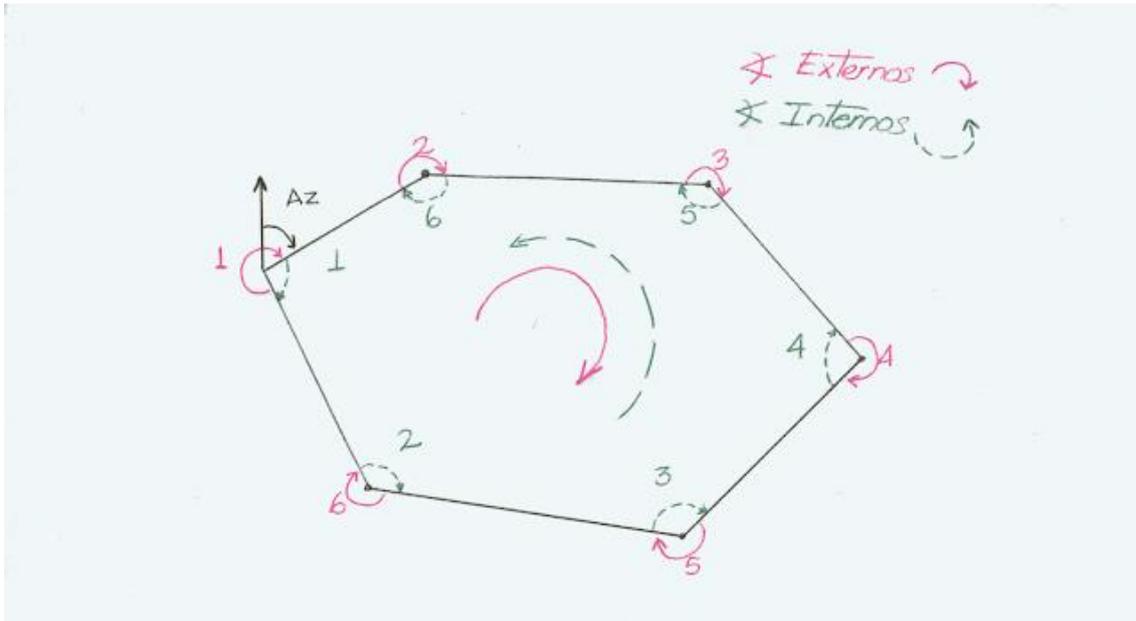


Ilustración 5: Poligonal de apoyo

Fuente: <http://topografiabasicasena.blogspot.com/>

SISTEMA Y MARCO DE REFERENCIA HORIZONTAL

Es recomendable en estos tipos de obras, descartar la utilización un sistema de referencia local y arbitrario, con más razón donde hoy en día, existen muchas facilidades de vincularse al Sistema Georreferenciado Nacional, a través de estaciones activas.

Georreferenciar significa trabajar en el Sistema Global de Referencia: WGS'84. Tiene la finalidad de poder ubicar adecuadamente en el espacio a la obra que se vaya a emplazar.

Algunas ventajas de Georreferenciar los proyectos viales:

- Si desaparece el Sistema de Apoyo, se lo puede reconstruir.
- El mismo es compatible con todos los sistemas GIS y con Google Earth
- Las interferencias subterráneas dejarán de ser un problema o un peligro, si los planos conformes a obra están georreferenciados
- Se eliminan problemas de empalmes en proyectos divididos en tramos
- La mayoría de los Catastros Provinciales tienen sus registros georreferenciados y es una enorme ventaja que el proyecto esté en el mismo sistema, a los fines de realizar las mensuras de expropiación y de servidumbre necesarias.

La conversión de coordenadas episódicas a coordenadas planas, debe ser una proyección conforme como, por ejemplo, Gauss-Krüger que es la adoptada en nuestro país para su cartografía (en la faja correspondiente a la mayor longitud del camino).

Es el sistema formado por siete fajas meridianas que cubren el país de este a oeste. Las únicas coordenadas Gauss-Krüger son aquellas en el formato X e Y, que se obtienen de transformar matemáticamente las coordenadas geodésicas Latitud y Longitud de un Datum.

Como resulta de rápida visualización en el proyecto geométrico vincular la planimetría rectificadora con la altimetría a través del progresivo, es que el proyectista vial convierte las coordenadas planas de Gauss-Krüger, en un sistema de coordenadas rectangulares, con la particularidad que el eje de las abscisas es una línea mixta que alterna curvas circulares y clotoides con líneas rectas.

SISTEMA Y MARCO DE REFERENCIA VERTICAL

Con el mismo criterio que se aconseja utilizar un único sistema de referencia planimétrico, también se recomienda que el sistema altimétrico deba ser único:

- Sistema de Referencia de las alturas: Cotas Ortométricas (alturas sobre el nivel medio del mar)
- Marco de Referencia: Red Altimétrica Nacional del IGN (Instituto Geográfico Nacional)

La Georreferenciación y la vinculación altimétrica al IGN de los proyectos viales, es una necesidad.

2.2.4. MEDICION DE DISTANCIAS

En muchísimos casos, el profesional, tanto en tareas de campo (en etapa de relevamiento), como en obra misma, a la hora de ejecución de un proyecto, se encuentra con la necesidad de medir distintas longitudes o distancias. Para la realización de éstas, se dispone de diferentes métodos:

- Medición con Cinta
- Medición a Pasos

Como es en general en todos los procesos de medición en topografía, en ambos casos se realiza la medición en ida e inmediatamente en vueltas con el objetivo de eliminar

errores groseros. La medición a pasos es un método prácticamente en desuso, y la única utilización en este informe no es exactamente para medir, si no para establecer la separación entre perfiles transversales a relevar.

2.2.5. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Es la realización de un muestreo de puntos del terreno mediante la medición de ángulos, distancias y diferencias de alturas, que se realiza con el fin de determinar la configuración del mismo o para ubicarlos con coordenadas sobre un área determinada de la superficie terrestre (levantamiento de control). Proporcionan información detallada sobre las elevaciones y depresiones, ubicación de elementos naturales y artificiales, de tal forma que sea posible dibujar la información completa con planos topográficos.

Su objetivo es la construcción de un “modelo” conceptual de la realidad, la cual es la base para la construcción del Modelo Digital de Elevaciones (a continuación, MDE) que es una maqueta digital del relieve del terreno.

MDE - MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

Un MDE, es un modelo digital del relieve del terreno, que tiene la particularidad de poseer altura (cota), en todos y cada uno de los puntos encerrados dentro de un área planimétrica predeterminada (zona de inclusión). A su vez, incluso los modelos más simples de MDE, nos permiten construir modelos digitales derivados, tales como perfiles transversales en cualquier lugar y con cualquier orientación.

Derivaciones de estos modelos:

- Si cortamos el MDE con planos verticales, obtenemos perfiles del terreno.
- Si cortamos el MDE con planos horizontales, obtenemos las curvas de nivel.

MUESTREO PARA MDE

Esta maqueta virtual (MDE), nos servirá de infraestructura básica sobre la cual se desarrollará el proyecto ejecutivo, por lo tanto, mientras más fielmente se ajuste el modelo a la realidad, más verosímil resultará el mismo.

Para llevar a cabo esta tarea, se deberá realizar una selección, un muestreo, es decir, tomar el número de puntos necesarios y suficientes para elaborar un modelo que se aproxime lo más posible a la realidad según nuestras necesidades.

Para esto, nos apoyamos en conceptos básicos. Sabiendo que las curvas de nivel son perpendiculares a las líneas de escorrentía de agua (colectoras), como así también a las dorsales (divisoria de agua), si se identifican claramente estas líneas en el terreno, se habrá dado ya un valioso paso en la identificación de la forma del terreno. Estas líneas de forma, serán las que separarán las áreas de trabajo y serán muy útiles a la hora de confeccionar el modelo digital de elevaciones, y posteriormente, el plano con curvas de nivel.

Reconocidas en el terreno las líneas de rotura, las levantamos tomando los puntos más significativos, es decir, en las inflexiones del terreno para posteriormente realizar un levantamiento de puntos dentro del área demarcada, tomando todos los puntos característicos y los detalles necesarios para la transmisión de la información. La distribución de los puntos en el muestreo debe ser uniforme de modo que permita la construcción de una malla de triángulos lo más homogénea posible, lo más próximo a formar triángulos equiláteros, a fin de que las curvas de nivel resulten suavizadas, sin quiebres bruscos y que no se crucen entre ellas. Esto resulta factible en los levantamientos areales pero muy difíciles, o innecesarios, de lograr en levantamiento topográficos para obras lineales de gran desarrollo, donde la zona de estudio es una faja muy estrecha en relación a su longitud. En este último caso, lo más conveniente es realizar los levantamientos de una manera sistemática, levantando perfiles transversales al eje de la traza de estudio, a distancias regulares, tomando puntos intermedios de las singularidades que presente el terreno en ellos.

Es muy importante remarcar que la densidad de puntos a relevar, se deberá incrementar convenientemente, en los sectores donde el proyecto empalme con la realidad que no se modifica, a fin de reducir a un mínimo el error por interpolación de datos.

2.2.6. RELEVAMIENTO DE DETALLES

El Relevamiento de Detalles, es un procedimiento similar al levantamiento topográfico. El objetivo de este relevamiento es capturar la información existente en el terreno de todos los detalles que requiera el proyectista. La información capturada, montada sobre el MDE, genera el Modelo Digital del Terreno (MDT).

Información a Relevar:

Es muy importante remarcar que previo a todo proyecto se deberá recolectar la información y antecedentes que se puedan llegar a disponer de entes públicos y privados.

Luego, llegado a la etapa de relevamientos de campo, la información a relevar puede considerarse generalmente de dos tipos, según su utilidad específica:

- Información para el Diseño Geométrico
- Información para el Diseño Hidráulico

Información para el Diseño Geométrico:

El relevamiento para obras en zonas urbanas, entre otros detalles, deberá contener:

- Interferencias aéreas: líneas de conducción eléctrica identificando la tensión y material de los postes, telefonía, video cable, transformadores, postes de alumbrado público, semáforos, etc.
- Indicar servicios: redes de agua corriente, gas, cloacas.
- Posicionar elementos visibles de los conductos subterráneos: cámaras, válvulas, cámaras de registro, etc.
- Veredas, cordones cuneta (tomando siempre la línea de agua), canteros, badenes, etc.
- Árboles de gran porte

Información para el Diseño Hidráulico:

- Bocas de tormenta de desagües ya proyectados.
- Alcantarillado transversal y longitudinal existente donde se debe informar el estado de conservación tanto estructural como hidráulico que presente.
- Colectoras de aguas.
- Determinación de badenes y/o vados con cotas de entrada y salida, dimensiones, perfiles transversal y longitudinal, materiales, etc.
- Distintos servicios que por su posición puedan limitar las dimensiones del diseño de los elementos hidráulicos.
- Cruces especiales

2.2.7. METODO DE MEDICION Y POSICIONAMIENTO

Si bien se ha expuesto por separado el levantamiento topográfico del relevamiento de detalles, en la práctica los dos se hacen en forma conjunta, se registran simultáneamente puntos del relieve y detalles de información necesaria a relevar. Tanto los puntos necesarios para generar el modelo digital, como los puntos que transmiten la información pueden ser obtenidos en forma directa mediante un levantamiento en el terreno, o de forma indirecta.

El método empleado para esto es el siguiente:

Método Directo Polar (Taquimetría Total)

Los datos medidos se incorporan a una base de datos en tiempo real, mediante una colectora electrónica de datos, que para este método consiste de una Estación Total.

Consiste básicamente en un levantamiento polar, es decir, definimos la posición de los puntos relevados mediante la medición de vectores radiados desde un polo. Cada uno de los puntos, quedará definido por los parámetros del vector correspondiente, obteniendo las coordenadas Norte, Este y Altura de los mismos.

- λ - Magnitud del vector (longitud inclinada).
- ϕ - Dirección horizontal (rumbo): ángulo formado por la proyección del vector (λ) sobre el plano de referencia, y el eje X de las abscisas, del Sistema de Referencia.
- z - Distancia cenital: ángulo determinado entre el eje vertical del aparato, coincidente con la dirección de la gravedad en la estación, y el vector.
- β - Angulo vertical, complemento de la distancia cenital.

En este método, la medición del rumbo se hará por el método sencillo al minuto y la determinación de la distancia y desnivel por lectura en la estación, ambas al centímetro.

Una vez instalada y nivelada la estación total, se procede a iniciarla introduciendo los siguientes datos:

1. Coordenadas norte, este y altura del punto estación.
2. Coordenadas norte, este y altura del punto de orientación.
3. Altura del instrumento.
4. Altura del prisma.
5. Código de los puntos a medir.

Es de suma importancia para no cometer errores groseros, consensuar con el operador de la estación y anotar los posibles cambios de altura del prisma.

2.2.8. INSTRUMENTOS A UTILIZAR

ESTACION TOTAL

Hacia los años 1970 era común encontrar un distanciómetro montado en un teodolito, arreglo poco práctico en su manejo. En los años 1980 comienzan a aparecer las primeras estaciones totales.

Dicho instrumento surge de la fusión de estos dos últimos nombrados, a los que se le agrega un microprocesador, cuya principal función es la de agilizar las mediciones que antes se realizaban con un teodolito convencional, pero que ahora, incorpora aplicaciones y programas que nos dan una mayor precisión y exactitud de las mediciones, haciendo que el manejo sea sencillo y la aparición de errores acumulativos se disminuya considerablemente.



Ilustración 6: Estación Total Nikon 323
Fuente: Propia

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global, más conocido por sus siglas en inglés GPS (Global Positioning System), es un sistema que utiliza la constelación NAVSTAR (NAVigation System for Time And Ranging) que consta de veinticuatro satélites de navegación con periodo orbital de doce horas, distribuidos uniformemente en seis planos orbitales con orbitas casi circulares de una altitud media de 22000 km.

Constelación de satélites



Ilustración 7: Representación de la Constelación de Satélites

Fuente: <https://docplayer.es/>

La metodología se basa en la determinación de la posición de puntos sobre la superficie terrestre, apoyándose en la información radioeléctrica enviada por dichos satélites. Esto permite diferentes rangos de precisión según el tipo de receptor utilizado y la táctica aplicada.

El sistema GPS consta de tres sectores:

- La constelación de satélites, previamente descrita.
- El sistema de control terrestre, que consta de seis estaciones fijas que controlan y corrigen a los mismos, a las cuales se les conoce exactamente su ubicación.
- Los receptores de usuarios que recogen las señales enviadas por los satélites y determinan las coordenadas del punto sobre el que se encuentran.

El principio de esta tecnología es que se trata de una intersección hacia atrás desde puntos de ubicación conocida en el preciso momento de la medición (satélites) hasta el punto en la superficie terrestre. Esto se logra con la medición de la distancia de nuestra ubicación a por lo menos tres satélites, mediante el tiempo de desplazamiento de una señal emitida por los mismos por lo que se necesita de relojes de muy alta precisión. Se obtiene mejor resultado de esto si la medición se realiza a cuatro satélites.

Resumiendo en cinco pasos lógicos el funcionamiento del GPS, tenemos:

1. **Triangulación.** La base del GPS es la “triangulación” desde los satélites.
2. **Distancias.** Para “triangular”, el receptor GPS mide distancias utilizando el tiempo de viaje de señales de radio.

3. **Tiempo.** Para medir el tiempo de viaje de estas señales, el GPS necesita un control muy estricto del tiempo y lo logra con ciertos trucos.
4. **Posición.** Además de la distancia, el GPS necesita conocer exactamente donde se encuentran los satélites en el espacio. Orbitas de mucha altura y cuidadoso monitoreo, le permiten hacerlo.
5. **Corrección.** Finalmente, el GPS debe corregir cualquier demora en el tiempo de viaje de la señal que ésta pueda sufrir mientras atraviesa la atmosfera.

CINTA Y RULETA

Existen cintas de acero de diferentes longitudes (25, 50 y 100 metros) las cuales son utilizadas en diferentes casos. Las cintas de 25 metros se utilizan para distancias cortas o para trabajar en terrenos accidentados, las cintas de 50 metros para medir distancias largas y en terrenos llanos o de pendiente uniforme, mientras que las de 100 metros no son aconsejables por ser incómodas.

La longitud total de la cinta está dada entre ambos bordes externos de las agarraderas.

La menor división está dada por remaches cada 20 centímetros. En las cintas de 50 metros, los metros pares se indican con una pequeña placa donde figuran los números grabados a ambos lados, que representan las distancias desde los orígenes. En las cintas de 25 metros, todos los metros se indican con estas placas.

Otros elementos que se utilizan en estas mediciones son las fichas, que son agujas de unos 30 centímetros de longitud y de 5 a 7 milímetros de diámetro. Cada juego de fichas consta de 2 aros y 11 fichas.

A su vez, tanto para medir el resto que quede de la medición con cintas, como para distancias cortas se puede proceder la medición mediante la utilización de ruletas métricas.



Ilustración 8: Cinta Ruleta
Fuente: <https://www.google.com/>

2.3. DRENAJE

2.3.1. CARACTERIZACIÓN DEL DRENAJE URBANO

Para el análisis del drenaje en una urbanización, es necesario identificar el tipo de inundaciones que pueden presentarse. Éstas son:

- Inundaciones provocadas por el crecimiento urbano tradicional:

Son aquellas en que el aumento de su frecuencia y magnitud se debe fundamentalmente al proceso de ocupación del suelo con superficies impermeables y redes de conductos de escurrimiento. El desarrollo urbano puede producir además obstrucciones al escurrimiento (terraplenes, pilas de puentes, colmatación de conductos y canales, etc.), hecho que agrava también estas inundaciones. Igualmente probables son las obstrucciones debido a hojas, basura, sedimentos u otros elementos, aunque en estos casos las inundaciones no son repetitivas y desaparecen con el mantenimiento del sistema.

- Inundaciones ribereñas:

Se asocian a la urbanización indebida de áreas inundables aledañas a los cursos de agua. En general estas inundaciones se asocian a eventos severos. Las razones por las que ocurre este tipo de inundaciones son: falta de restricciones municipales sobre el loteo de áreas con alto riesgo de inundación, secuencias de años relativamente secos y falta de alternativas de la población de baja renta para acceder a lotes relativamente baratos.

Es preciso además caracterizar los subsistemas que forman parte del sistema de drenaje, que son:

- Macrodrenaje:

Corresponde al sistema natural, comprendiendo todos los cursos de escurrimiento definidos por la topografía de la cuenca. El área de drenaje depende del tamaño de la ciudad y del relieve de la región, por lo general abarcando áreas mayores a 5km². Una característica fundamental es que siempre existe, aun cuando no se ejecuten obras específicas. A los fines de proyecto se utilizan tiempos de recurrencia de 25, 50 o 100 años.

- Microdrenaje:

Constituye el sistema artificial, muy importante para lluvias frecuentes (con períodos de recurrencia menores a 10 años). Comprende las obras en áreas donde el escurrimiento no se encuentra definido, o se encuentra condicionado por la ocupación del suelo. Típicamente incluye las obras de captación, las de conducción superficial y los sistemas de conducción por debajo del nivel de calle como conductos, estructuras de detención, etc.

Al hablar de drenaje urbano, se debe tener en cuenta el impacto que tienen los distintos elementos de las ciudades en el ciclo del agua. Chocat (1997) destaca cinco principales:

- 1) Impermeabilización del suelo
- 2) Aceleración de los escurrimientos
- 3) Construcción de obstáculos al escurrimiento
- 4) "Artificialización" de acequias, arroyos y ríos en áreas urbanas
- 5) Contaminación de los medios receptores

La urbanización de una cuenca tiende a llenar aquellas áreas bajas que funcionaban como reservorio, y a impermeabilizar otras áreas que proveían infiltración.

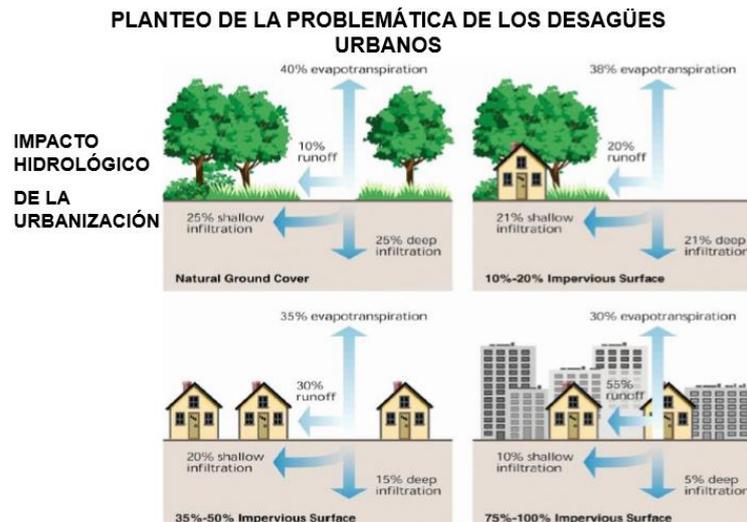


Ilustración 9: Impacto hidrológico de la urbanización
 Fuente: Filminas de clase de Transporte II, FCEfyN - UNC

Por todo lo detallado anteriormente se puede concluir que el análisis no solo debe circunscribirse al dimensionado de los componentes del drenaje urbano como acciones u obras correctivas (visión meramente hidráulica), sino por el contrario debe orientarse a la elaboración de propuestas preventivas con efectos de mínimos costos e impacto ambiental.

2.3.2. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS SOBRE EL DRENAJE URBANO

Las metas del drenaje urbano son evitar al máximo posible los daños que las aguas de lluvia puedan ocasionar a las personas y bienes, a las propiedades, y al medio ambiente y garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria y sus actividades en las poblaciones, permitiendo un apropiado tránsito de personas y vehículos durante la ocurrencia de las precipitaciones.

Con el fin de cumplir estas metas, pueden plantearse dos tipos de medidas a adoptar: preventivas y correctivas. Las primeras (estructurales) actúan modificando directamente el espacio físico a través de obras de ingeniería, normativa, regulación de uso de suelo, de edificación, normas constructivas, educación de la ciudadanía, etc. En cambio, las medidas correctivas (también llamadas no estructurales) son tendientes a armonizar las características naturales de la cuenca con el crecimiento de la ciudad, complementando a las preventivas.

Las acciones intensivas que se pueden llevar a cabo mediante las medidas estructurales son:

- Acelerar el escurrimiento mediante la corrección del cauce y la reducción de la rugosidad del mismo, lo que traslada el problema aguas abajo.
- Retardar el escurrimiento con reservorios de retención, lagunas de almacenamiento o regulación mediante compuertas, solucionando el inconveniente en el lugar.
- Derivar el escurrimiento para transferirlo a sectores que originalmente no tienen problemas, con vertederos o trasvasando cuencas.
- Aumentar la sección de escurrimiento, ensanchándola, profundizándola y limpiando el cauce.

Como medida *extensiva* estructural se puede optar por la aplicación de normativa para regular el uso del suelo (FOS, FOT, usos alternativos, cultivos, siembra, reforestación, etc.). Estas medidas se aplican a toda la cuenca.

Dentro de las medidas no estructurales se pueden llevar a cabo las siguientes acciones:

- Zonificación de áreas inundables.
- Sistema de alerta y pronóstico de crecidas.
- Ejecución de construcciones adaptadas a la posibilidad de inundación.
- Seguros contra inundaciones.
- Política fiscal que desincentive la ocupación de áreas inundables, gravándolas más.

Si estas posibles tareas no contribuyen a solucionar los problemas de drenaje urbano, la única opción restante es convivir con ellos, estableciendo niveles de inundación aceptables y ejecutando obras específicas para que esto sea posible, como compuertas y barreras.

2.3.3. GRADO DE PROTECCIÓN

Para cumplir con los objetivos del drenaje urbano se debe determinar el grado de protección, que define el grado de riesgo de ocurrencia de daños o molestias que se esté dispuesto a asumir.

Es determinado por el período de retorno seleccionado según el tipo de obra a realizar, los eventos considerados y el nivel de inundación aceptable para cada sector. Tratándose de una zona urbana también es de gran incidencia el uso de suelo predominante en el lugar (residencial, comercial, industrial, etc.). A continuación se explicarán cada uno de estos parámetros.

- Período de retorno o recurrencia

Es el número promedio de años entre dos eventos de igual intensidad. Si la probabilidad de ocurrencia anual, P , de un evento es:

$$P = \frac{1}{TR}$$

Y la probabilidad de no ocurrencia es:

$$P' = 1 - P$$

La probabilidad de que un evento igual o mayor a uno dado, para determinado TR, ocurra en n años es (riesgo de falla):

$$RF = 1 - P'^n$$

Los factores que se tienen en cuenta para determinar el período de retorno son:

1) Costo total mínimo. Los costos totales están constituidos por los costos de obra y los costos derivados por el fallo de la obra. Esto se logra realizando una evaluación económica de las obras proyectadas para diferentes periodos de recurrencia y adoptando aquel periodo en donde los costos totales sean mínimos.

2) Clasificación tipológica-funcional de la vía: la misma determinara si es posible aceptar en él una temporaria interrupción del tránsito o si esta interrupción significaría grandes perjuicios debido al alto flujo de transito que se vería afectado.

La selección de un determinado período de recurrencia conlleva una tormenta de diseño de una determinada intensidad. Esto repercute directamente en el valor del derrame máximo de la cuenca y esto se encontrará directamente asociado a la magnitud de las obras a construir y por supuesto al costo de las mismas.

- Niveles de inundabilidad

Son las alturas máximas de agua aceptables en los diferentes sitios de la ciudad. Están asociadas al cumplimiento de exigencias preestablecidas, que son las funciones básica y complementaria.

1) Nivel de inundabilidad ideal: correspondiente a una ocupación de no más de 0,80 a 1,00 m del ancho de la cuneta; de manera que asegure el tránsito vehicular sin restricciones, y el cruce de las bocacalles por parte de los peatones.

2) Nivel de inundabilidad deseable: Posibilita la circulación vehicular con restricciones por el centro de la calzada, y la imposibilidad (transitoria) del cruce de peatones. Se mide entre el nivel anterior y la flecha máxima de la calzada (no se superponen los caudales de ambas cunetas). Se acepta que suceda una vez entre 6 meses a 1 año.

3) Nivel de inundabilidad de cota de cordón: nivel superior del cordón, que asegura la ausencia de agua en la vereda. Se restringe más la circulación de vehículos por la calzada hasta el límite de que no debería haber tránsito vehicular ni cruce de peatones. Puede aceptarse un evento de este nivel una o dos veces cada 5 años.

4) Nivel de inundabilidad límite absoluto: máxima cota absoluta admisible, en función de los umbrales de acceso a las propiedades (peatonal y vehicular).

2.3.4. CAUDALES DE DISEÑO

Para caracterizar la tormenta de diseño para un determinado proyecto se deben definir dos elementos fundamentales: la lámina total precipitada y su distribución temporal.

En la hidrología de diseño el parámetro de interés es el caudal obtenido de los dos elementos mencionados anteriormente. Su determinación depende fundamentalmente del tipo de información con la que se cuente del área del proyecto, a saber:

1) Si hay datos de caudal en la cuenca, se obtienen curvas de caudal vs. tiempo de recurrencia mediante series históricas de caudales.

2) Si no existen datos de caudal en la cuenca o cuencas de interés, pero si hay datos de cuencas vecinas de similares características se puede realizar una regionalización de caudales.

3) Si los datos con los que se cuenta son de lluvias se procede a graficar curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) mediante el proceso llamado "transformación lluvia-caudal".

4) En caso de que los datos de lluvia provengan de cuencas vecinas se puede realizar una regionalización con las lluvias similar al caso de caudales.

En general en el diseño hidrológico no se encuentran series de caudales por lo que se recurre a las transformaciones lluvia-caudal. Para llevarlas a cabo se requiere definir una lluvia de diseño, para lo cual se utilizan las curvas IDF.

En cuencas de pequeño tamaño se considera la duración de la tormenta aproximadamente igual al tiempo de concentración que se definirá a continuación. La determinación de este parámetro de la cuenca resulta de fundamental importancia, debido a que se encuentra directamente vinculado con el caudal proveniente de la tormenta que se utilizará en el proyecto.

Existen diversos modelos matemáticos que permiten simular el proceso hidrológico de una cuenca, desde los más sencillos como el Método Racional Clásico, hasta los más complejos como el Hidrograma Unitario, Curvas Tiempo – Área, etc.

MÉTODO RACIONAL GENERALIZADO

El Método Racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural. Y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la Determinación de Caudales Máximos.

Calcula el caudal pico con base a la intensidad media del evento de precipitación de duración igual al tiempo de concentración y a un coeficiente de escurrimiento o escorrentía.

$$Q = \alpha \times \beta \times \frac{M \times E \times R}{360}$$

Siendo:

Q: Caudal producido por la cuenca de aporte, en metros cúbicos por segundo (m^3/seg).

M: Es la superficie de la cuenca de aporte, en hectárea (ha).

E: Coeficiente de escorrentía, adimensional.

R: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

α : Coeficiente de transformación de precipitación puntual a areal. Este coeficiente presenta un valor cercano a la unidad en cuencas pequeñas y disminuye en la medida que aumenta la superficie de la cuenca y disminuye la duración de la lluvia. Es adimensional.

β : Coeficiente que tiene en cuenta la reducción del derrame por la retención en el cauce principal. Valor adimensional que en condiciones medias puede asumirse igual a 0.9.

360: Factor de conversión de equivalencia de unidades.

Superficie de la cuenca de aporte (M):

Esta área se la obtiene de la información cartográfica o de imágenes.

Coeficiente de escorrentía (E):

Nos indica la cantidad de agua que escurre libremente sin infiltrarse en el terreno.

El método adopta la siguiente ecuación para la determinación de "E":

$$E = (1 - m) - (1 - m - C) \times \frac{R_0^{1-p}}{R^{1-p}}$$

En la cual:

C: Coeficiente que representa las características de la cuenca, y depende de la permeabilidad del suelo, la cubierta vegetal y de la duración de la lluvia (tiempo de concentración). Para cada tipo de suelo y cubierta vegetal el valor de C puede tomar valores entre 0 y 1, siendo más cercano a 1 en la medida que la duración de la lluvia sea mayor.

Tiempo de concentración (tc):

Para su cálculo (en minutos) se utiliza la siguiente ecuación:

$$tc = C \times \frac{L'^m}{H^n}$$

Siendo C, m y n aproximadamente constantes, pudiendo asumir los siguientes valores:

$$C = 60$$

m = 1, para longitudes pequeñas de cauces m puede ser mayor a 1 y para longitudes grandes m es algo menor a 1.

$$n = 30$$

L': Longitud virtual del cauce principal en kilómetros (km)

L' = L x k, siendo k, la rugosidad relativa y L la longitud real del cauce principal medida en kilómetros (km).

H: Desnivel medio o virtual entre el punto de descarga analizado y el punto hidrológicamente más alejado.

Intensidad de precipitación (R):

Para su determinación, el método asume las siguientes ecuaciones que simulan curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (I-D-F):

Para transformar la precipitación de una hora de duración y de 25 años de recurrencia (R_{25}^H) a la correspondiente de una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca "tc" y 25 años de recurrencia (R_{25}^{tc}), el método propone:

$$R_{25}^t = \frac{a}{tc^{b+c}}$$

Siendo:

b: Una constante igual a 0.82 y

a y c: función de R_{25}^H

$$a = 31 \times R_{25}^H + 0.023 \times R_{25}^{H^{2.295}}$$

$$c = 2.29 + 0.023 \times R_{25}^{H^{1.295}}$$

Y para transformar la precipitación R_{25}^{tc} a la correspondiente al período de recurrencia adoptado diferente a 25 años (TR) y de esta manera definir el valor de "R", plantea lo siguiente:

$$R = R_{25}^t \times \left[1 + 0.44 \times \left(\frac{50}{50 + R_{25}^{0.5}} \right) \times \log \left(\frac{TR}{25} \right) \right]$$

Significando:

R: Intensidad media de la lluvia en mm/h que precipita en un lapso tc y que es igualada o superada sólo una vez cada TR años.

Asimismo el Método proporciona nomogramas que ayudan, de manera opcional como alternativa a la aplicación de las ecuaciones antes descriptas.

La metodología adoptada por el Método Racional Generalizado relaciona diversos parámetros de la lluvia y de la cuenca, destacándose los siguientes aspectos:

- La variación del coeficiente de escorrentía (E) con la intensidad de precipitación, el tiempo de concentración, la permeabilidad de los suelos y la cubierta vegetal.
- La retención en el cauce principal (β).
- La relación entre la lluvia puntual y su distribución areal (α).

Es de suma importancia, cualquiera sea el método de cálculo que se utilice para la determinación de caudales, verificar los resultados obtenidos con la utilización de otros métodos de menor complejidad, para que nos permitan detectar posibles errores groseros de cálculo.

Las premisas básicas del método racional son:

- 1) El caudal pico corre cuando toda la superficie de la cuenca pasa a contribuir al escurrimiento.
- 2) La lluvia se presenta uniforme temporal y espacialmente en una duración igual al tiempo de concentración.
- 3) Las condiciones de permeabilidad de la cuenca se mantienen constante durante la lluvia.

Como principal ventaja de este método se puede destacar su simplicidad, aunque resulta una limitación el hecho de que se obtiene sólo un caudal pico asociado al período de recurrencia de la lámina utilizada para el cálculo. Además, cuando existen varias sub cuencas, el método se torna complicado y tiende a sobre estimar el caudal, ya que no considera el flujo canalizado, sumado a las incertidumbres en la determinación del parámetro E.

Es aplicable a cuencas de pequeñas y grandes dimensiones, y muy utilizado para casos de drenaje urbano.

METODO RACIONAL GENERALIZADO – TABLAS Y GRAFICOS

Los parámetros que intervienen en la determinación del derrame máximo son los siguientes:

LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (L)

Es la longitud entre el punto más alejado de la cuenca y el de desagüe medida a lo largo del cauce principal.

RUGOSIDAD RELATIVA DEL CAUCE PRINCIPAL (K)

Se mide por un coeficiente cuyo valor se obtiene de la Tabla 1.

| | | CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE PRINCIPAL | "n" Manning | Rug. rel. "k" |
|----------------------------|---------------------|--|-------------|---------------|
| Corrientes no concentradas | | Suelos desnudos | 0,100 | 1,75 |
| | | Suelos con pastos o césped poco denso y corto | 0,300 | 3,50 |
| | | Suelos con pastos o césped en condiciones medias | 0,400 | 4,00 |
| | | Suelos con pastos o césped denso y alto | 0,500 | 4,50 |
| CORRIENTES CONCENTRADAS | Cauces Naturales | Cauces poco sinuosos de secciones uniformes sin vegetación | 0,030 | 0,75 |
| | | Cauces poco sinuosos de secciones uniformes con alguna vegetación en las barrancas | 0,040 | 0,85 |
| | | Cauces poco sinuosos de secciones variables, con alguna vegetación en las barrancas. En zonas montañosas, con piedra o ripio sin vegetación. | 0,060 | 1,00 |
| | | Cauces poco sinuosos de secciones aproximadamente uniformes, obstruidos con arbustos y algo de malezas. | 0,070 | 1,20 |
| | | Cauces poco sinuosos de secciones aproximadamente uniformes, muy obstruidos con arbustos y malezas. Sinuosos y de secciones variables moderadamente obstruidos con arbustos y malezas. | 0,100 | 1,50 |
| | | Cauces sinuosos y de secciones variables obstruidos con árboles, arbustos, malezas, troncos, raíces y árboles caídos. | 0,125 | 1,75 |
| | | Cauces sinuosos de secciones variables, muy obstruidos con árboles, arbustos, monte bajo y sucio, malezas, raíces, troncos y árboles caídos. | 0,150 | 2,00 |
| | Cauces artificiales | Canales de Hormigón | 0,015 | 0,50 |
| | | Canales de Mampostería de Piedra | 0,020 | 0,55 |
| | | Canales o zanjas de tierra sin vegetación | 0,025 | 0,65 |
| | | Canales o zanjas de tierra con algo de vegetación | 0,035 | 0,80 |
| | | Canales o zanjas de tierra con bastante vegetación. | 0,045 | 0,95 |

Tabla 1: Coeficiente K

Fuente: Manual de Diseño Geométrico Vial

DESIVEL (H)

Desnivel que habría entre el punto más alejado de la cuenca y el de desagüe si la pendiente del cauce principal fuera uniforme y mantuviera su altura media sobre este último punto.

TIEMPO DE CONCENTRACION (tc)

Se expresa en minutos u horas, se obtiene de los valores de L, K y H

PRECIPITACION HORARIA (RH)

Se obtiene de la figura a partir de las isohietas provistas por el Servicio Meteorológico Nacional para la República Argentina. (Ilustración 10: Precipitación Horaria)

RH es la intensidad media de precipitación que cae durante una hora para un intervalo de recurrencia de 25 años (mm/h)



Ilustración 10: Precipitación Horaria
Fuente: Manual de Diseño Geométrico Vial

INTERVALO DE RECURRENCIA (T)

Es el periodo de tiempo que en promedio transcurre para que la magnitud de un fenómeno hidrológico sea igualada o superada una vez en dicho periodo.

INTENSIDAD DE LLUVIA (R) DURANTE EL TIEMPO DE CONCENTRACION

Es la intensidad media puntual correspondiente al intervalo de recurrencia adoptado.

CARACTERISTICA DE LA CUENCA (C)

Representadas por el coeficiente C que se obtiene de la siguiente tabla.

| Tipo de cubierta vegetal | Tiempo de concentración t_c | Permeabilidad de los suelos | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | | Prácticamente impermeables | Muy poco permeables | Poco permeables | Medianamente permeables | Bastante permeables | Permeables | Muy permeables |
| | horas | Pavimentos Roca viva | Arcillas, Roca descompuesta | Loam arcilloso | Loam | Loam limoso Loam arenoso | Suelos limosos Limo - arenoso | Suelo Arenoso muy poroso |
| Suelos Desnudos | 0 | 0.90 | 0.82 | 0.64 | 0.52 | 0.32 | 0.17 | 0.08 |
| | 1 | 0.90 | 0.82 | 0.65 | 0.53 | 0.33 | 0.18 | 0.09 |
| | 2 | 0.91 | 0.84 | 0.70 | 0.56 | 0.37 | 0.23 | 0.13 |
| | 3 | 0.92 | 0.85 | 0.73 | 0.60 | 0.45 | 0.31 | 0.19 |
| | 4 | 0.93 | 0.87 | 0.75 | 0.64 | 0.50 | 0.37 | 0.27 |
| | 5 | 0.93 | 0.88 | 0.77 | 0.67 | 0.55 | 0.43 | 0.33 |
| | 6 | 0.94 | 0.89 | 0.79 | 0.70 | 0.58 | 0.48 | 0.38 |
| | 7 | 0.94 | 0.90 | 0.80 | 0.72 | 0.61 | 0.51 | 0.42 |
| | 8 | 0.95 | 0.90 | 0.82 | 0.74 | 0.64 | 0.54 | 0.46 |
| | 9 | 0.95 | 0.91 | 0.83 | 0.76 | 0.66 | 0.56 | 0.49 |
| Vegetación Rala | 0 | | 0.74 | 0.59 | 0.48 | 0.30 | 0.16 | 0.07 |
| | 1 | | 0.75 | 0.60 | 0.49 | 0.31 | 0.17 | 0.08 |
| | 2 | | 0.79 | 0.66 | 0.54 | 0.35 | 0.22 | 0.12 |
| | 3 | | 0.82 | 0.70 | 0.59 | 0.43 | 0.30 | 0.18 |
| | 4 | | 0.84 | 0.73 | 0.63 | 0.49 | 0.36 | 0.26 |
| | 5 | | 0.86 | 0.75 | 0.66 | 0.54 | 0.43 | 0.33 |
| | 6 | | 0.87 | 0.77 | 0.68 | 0.57 | 0.48 | 0.38 |
| | 7 | | 0.88 | 0.79 | 0.71 | 0.60 | 0.51 | 0.42 |
| | 8 | | 0.89 | 0.81 | 0.73 | 0.63 | 0.54 | 0.46 |
| | 9 | | 0.90 | 0.82 | 0.75 | 0.65 | 0.56 | 0.49 |
| Cultivos (en surcos) | 0 | | 0.60 | 0.49 | 0.41 | 0.27 | 0.14 | |
| | 1 | | 0.62 | 0.51 | 0.43 | 0.29 | 0.15 | |
| | 2 | | 0.70 | 0.59 | 0.49 | 0.34 | 0.20 | |
| | 3 | | 0.77 | 0.66 | 0.56 | 0.42 | 0.29 | |
| | 4 | | 0.82 | 0.71 | 0.61 | 0.48 | 0.35 | |
| | 5 | | 0.84 | 0.74 | 0.65 | 0.53 | 0.41 | |
| | 6 | | 0.86 | 0.76 | 0.67 | 0.56 | 0.46 | |
| | 7 | | 0.87 | 0.78 | 0.70 | 0.59 | 0.50 | |
| | 8 | | 0.88 | 0.79 | 0.72 | 0.62 | 0.53 | |
| | 9 | | 0.89 | 0.81 | 0.74 | 0.64 | 0.55 | |
| Praderas Césped | 0 | | 0.29 | 0.23 | 0.18 | 0.13 | | |
| | 1 | | 0.39 | 0.29 | 0.22 | 0.15 | | |
| | 2 | | 0.57 | 0.45 | 0.35 | 0.23 | | |
| | 3 | | 0.68 | 0.55 | 0.44 | 0.32 | | |
| | 4 | | 0.75 | 0.62 | 0.51 | 0.39 | | |
| | 5 | | 0.78 | 0.66 | 0.57 | 0.46 | | |
| | 6 | | 0.81 | 0.70 | 0.61 | 0.51 | | |
| | 7 | | 0.83 | 0.73 | 0.64 | 0.55 | | |
| | 8 | | 0.84 | 0.75 | 0.67 | 0.58 | | |
| | 9 | | 0.85 | 0.76 | 0.69 | 0.60 | | |
| Bosques tupidos | 0 | | 0.12 | 0.10 | 0.08 | | | |
| | 1 | | 0.23 | 0.18 | 0.13 | | | |
| | 2 | | 0.41 | 0.33 | 0.25 | | | |
| | 3 | | 0.55 | 0.46 | 0.36 | | | |
| | 4 | | 0.64 | 0.54 | 0.43 | | | |
| | 5 | | 0.70 | 0.60 | 0.49 | | | |
| | 6 | | 0.74 | 0.65 | 0.55 | | | |
| | 7 | | 0.77 | 0.68 | 0.59 | | | |
| | 8 | | 0.79 | 0.70 | 0.63 | | | |
| | 9 | | 0.80 | 0.72 | 0.65 | | | |

Tabla 2: Característica de la cuenca
Fuente: Manual de Diseño Geométrico Vial

AREA DE LA CUENCA IMBIFERA (M)

Es el área en la que todo el escurrimiento superficial llega al fondo del desagüe

DERRAME MAXIMO SUPERFICIAL

Es el caudal máximo instantáneo que escurre por el punto de desagüe y que en promedio solo es igualado o superado una sola vez cada periodo dado de tiempo.

DETERMINACION DEL DERRAME MAXIMO SUPERFICIAL

En la siguiente ilustración se parte del valor de (L) en abscisas y se levanta una ordenada hasta hallar en la familia de curvas el valor de (K). Desde allí se traza una horizontal hacia la derecha hasta encontrar en la familia de curvas el valor de (H). Levantando una vertical desde este último punto se intercepta sobre el eje central de abscisas el valor de (tc) para determinar (C). Luego desde este último punto se baja una vertical hasta hallar en las curvas el valor de RH desde donde se traza una horizontal hasta (T) de las curvas.

Desde allí se traza una vertical hasta interceptar en la familia de curvas el valor de (C). Luego se traza otra horizontal hasta interceptar las curvas, y se obtiene (M). Finalmente, desde este último punto se levanta una ordenada hasta el eje superior de abscisas donde se lee (Q) en m³/s.

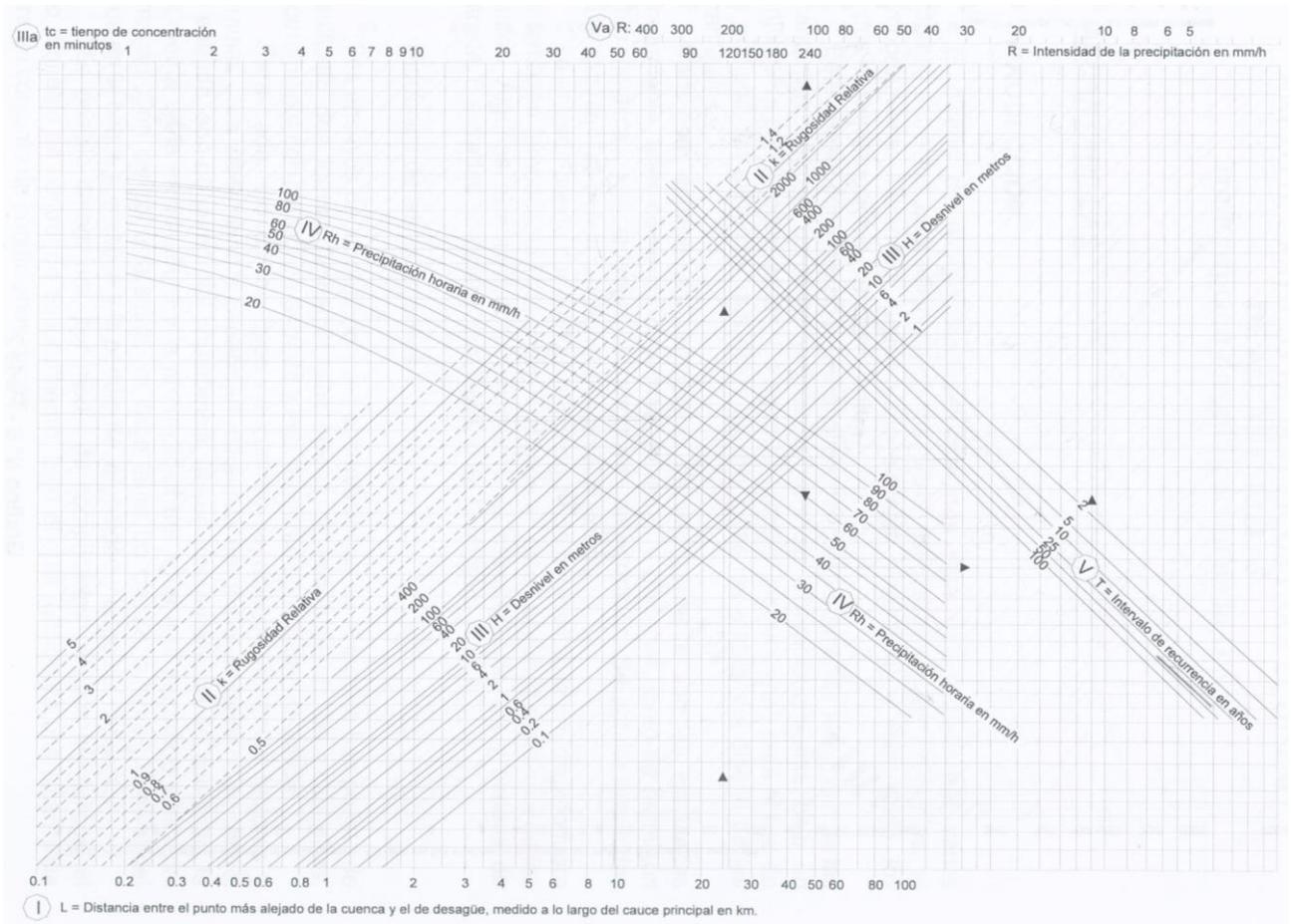


Ilustración 11: Caudal Parte 1
 Fuente: Manual de Diseño Geométrico Vial

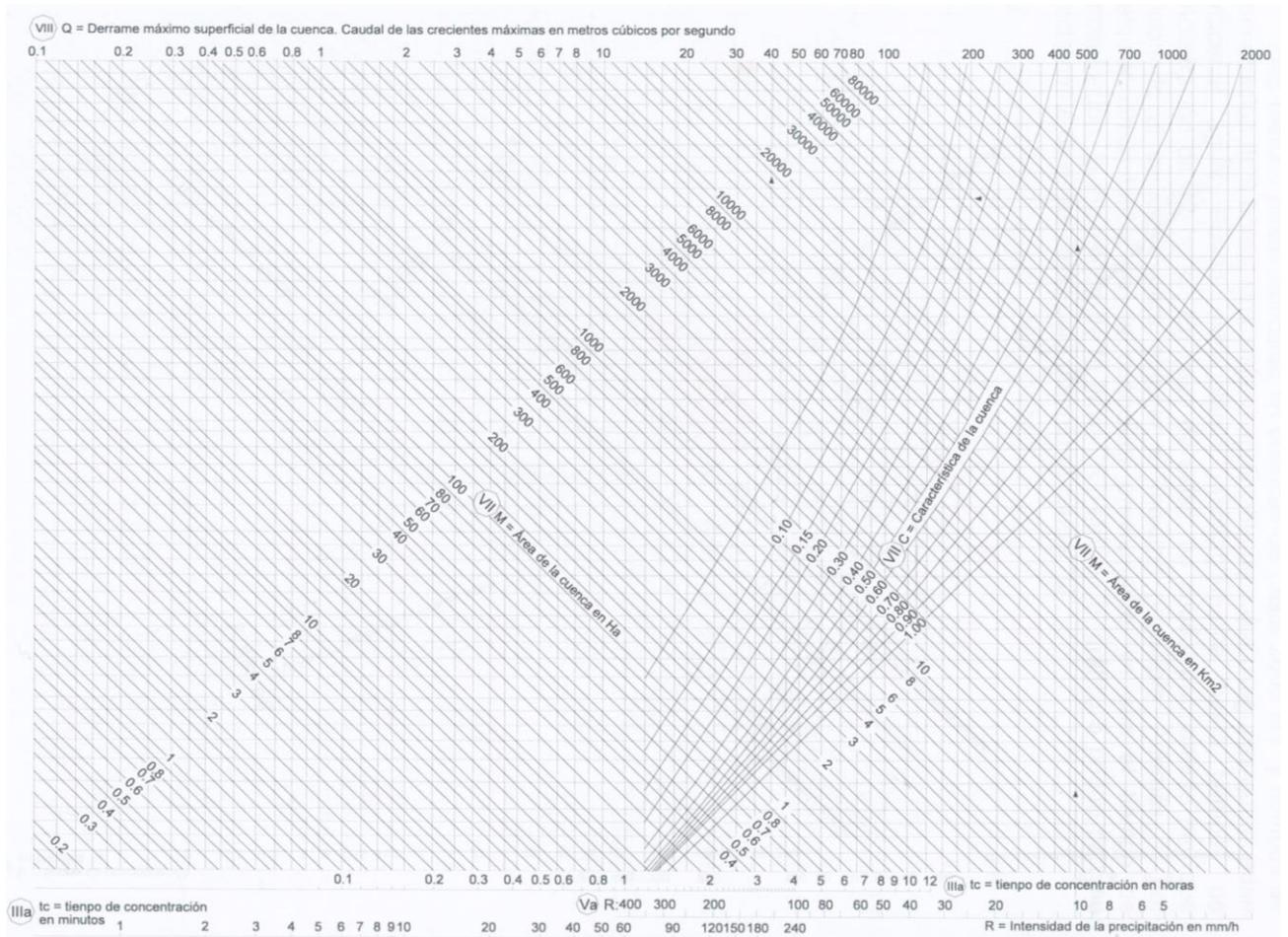


Ilustración 12: Caudal Parte 2
 Fuente: Manual de Diseño Geométrico Vial

2.3.5. DISEÑO HIDRÁULICO

El objetivo del sistema de drenaje es el de gestionar las aguas pluviales, a fin de evitar daños materiales y personales.

Para ello se diseñan diversos componentes hidráulicos que forman parte del mismo:

- Obras de conducción: cunetas, tuberías de conexión, colectoras.
- Obras complementarias: comunes, dentro de las cuales se encuentran los sumideros y cámaras de inspección, o especiales como los sifones, estaciones elevadoras, etc.
- Obras de embalse o regulación: lagunas de retardo o de retención.

ECUACIONES GENERALES DE CÁLCULO

- Ecuación de continuidad: considerando flujo incompresible y permanente (es decir que sus condiciones no cambian en el tiempo), la ecuación toma la forma:

$$Q = V \times A$$

Q = Caudal (m³/s),

A = Área de la sección (m²),

V = Velocidad a través de la sección (m/s)

- Ecuación de Manning: para un flujo incompresible a régimen permanente con profundidad constante en un canal prismático abierto, se usa la fórmula de Manning.

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}}}{\eta}$$

V = velocidad promedio del flujo (m/s)

R = es el radio hidráulico (definido como la relación entre el área de la sección transversal y su perímetro)

i = pendiente longitudinal del fondo del canal

η = coeficiente de Manning (depende del tipo de superficie) (Ver Tabla 1: Coeficiente K
Fuente: Manual de Diseño Geométrico Vial)

A = área del trapecio

$$A = b \cdot h + x \cdot h^2$$

P = perímetro mojado

$$P = b + 2 \cdot h \cdot (1 + x^2)$$

b = ancho de fondo (m)

h = profundidad de la cuneta (m)

x = pendiente del talud

CUNETAS

Son canales ubicados en los laterales del camino y su función es captar y transportar el agua superficial de su plataforma y de la que llega a él sin estar encauzada. Las aguas captadas son transportadas por las cunetas hasta los puntos de descargas o bien hasta los puntos de cruce bajo el camino a través de las alcantarillas. Constituyen la primera etapa del escurrimiento pluvial.

Las cunetas funcionan como canales abiertos, lo que quiere decir que tiene una superficie libre expuesta a la presión atmosférica. Por este motivo el movimiento del fluido es dado por la diferencia de elevación entre un punto y otro del canal.

Son diseñadas para tormentas cuyas recurrencias varían entre 2 a 10 años según la importancia de la vía. Para estas tormentas las cunetas deberán ser capaces de permitir una correcta circulación del tránsito y de los peatones.

Las pendientes transversales y longitudinales de las calles son de fundamental importancia para lograr una correcta conducción del agua a través de la cuneta, como así también para mantener despejada la zona de circulación del tránsito y reducir los daños ocasionados al pavimento por la presencia del agua de lluvia.

Las cunetas deberán poseer una pendiente longitudinal mínima del 0,4% para brindar una correcta conducción de la corriente y evitar una sedimentación excesiva que perjudique su funcionamiento. La pendiente transversal deberá tener un valor mínimo del 1%. Además, por cuestiones de seguridad (para evitar arrastre de personas y flotabilidad de vehículos), la velocidad del flujo debe ser menor a 3 m/seg. Además, la altura del cordón es en general de 15 cm.

La cuneta debe tener la capacidad suficiente para transportar el caudal de diseño, más una determinada revancha.

Para su cálculo, se utilizan las ecuaciones de continuidad y de Manning antes explicadas.

SUMIDEROS

En el diseño de los sistemas de desagües pluviales hay tres tipos de bocas de tormenta:

- a) las que van en la solera de la cuneta.
- b) las que se abren en la pared vertical del cordón.
- c) una combinación de ambos.

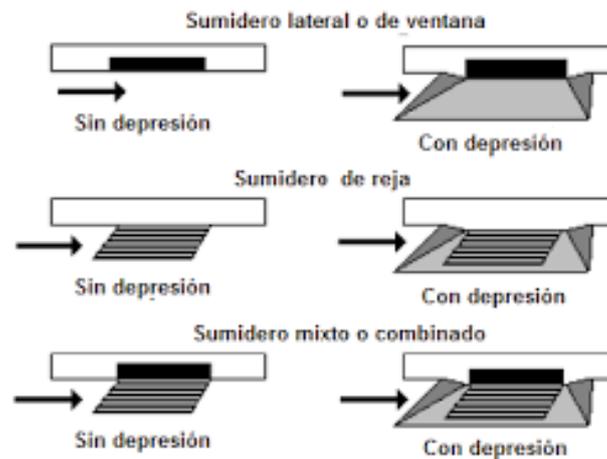


Ilustración 13: Tipos de Sumideros
Fuente: <http://docentes.uto.edu.bo/>

La capacidad de cada una depende de su tamaño, de la pendiente longitudinal, la pendiente transversal, la rugosidad de la calle y la profundidad de depresión (para los tipos a y c).

Prescindiendo del tipo de boca de tormenta hay algunas consideraciones generales para su diseño que deberán ser tenidas en cuenta y que se enuncian a continuación:

- En puntos de pendiente continua: el espaciamiento de las bocas de tormenta deberá ser calculado para que el 90 a 95% de caudal que viene por la cuneta sea interceptado por la boca. Cuando la pendiente longitudinal de la calle supera el 5% se recomienda utilizar bocas de tormenta en solera de cuneta, pudiéndose colocar con depresión o no. Si existe riesgo de obstrucción con residuos se recomienda utilizar una boca de tormenta mixta.
- En puntos bajos: se recomienda la utilización de bocas de tormenta en cordón o combinadas por el riesgo que existe de obstrucción en las bocas de tormenta colocadas en solera de cuneta.
- Eficiencia de las bocas: resulta menor al valor calculado por obstrucciones causadas por residuos, irregularidades de las cunetas junto a las bocas de tormenta e hipótesis de cálculo que no siempre corresponden a la realidad.

Bocas de tormenta en solera de cuneta o sumideros de rejillas

Es una abertura en la cuneta, a través de la cual el agua pasa al sistema de desagüe pluvial. La capacidad de la boca de tormenta decrece con el aumento de la pendiente longitudinal y crece con el aumento de la pendiente transversal, con el ancho y el largo de la reja, y la magnitud de la depresión. La elección de una boca de tormenta en

solera, no depende sólo de su capacidad. Un tránsito intenso, la posibilidad de taponamiento de la reja con desechos, puede aconsejar el uso de bocas de tormenta en cordón o combinadas. También se debe tener en cuenta que las barras longitudinales de la reja pueden ser peligrosas para la circulación de bicicletas.

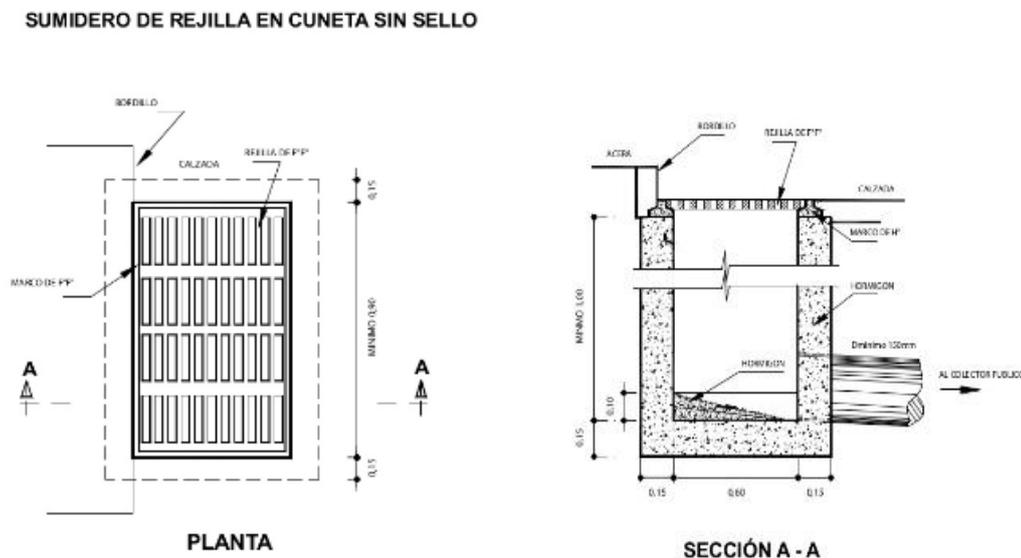


Ilustración 14: Detalle Sumidero de Reja

Fuente: <https://es.slideshare.net/Netkham/calculo-de-cordon>

Bocas de tormenta en cordón o sumideros tipo ventana

Estas bocas están localizadas en el cordón, por ello generan menos dificultades en el tránsito que las anteriores. Son menos susceptibles de taponamiento y pueden ser utilizadas en calles de poca pendiente. La capacidad de ellas es función de la pendiente transversal, de la pendiente longitudinal, de la rugosidad de la calzada y de la rapidez que tenga el agua que fluye por la cuneta para cambiar de dirección e ingresar a la boca de tormenta. Esto puede lograrse utilizando una depresión en la cuneta en coincidencia con la abertura de la boca de tormenta. Estas estructuras presentan un bajo rendimiento cuando son colocadas en calles con una fuerte pendiente longitudinal.

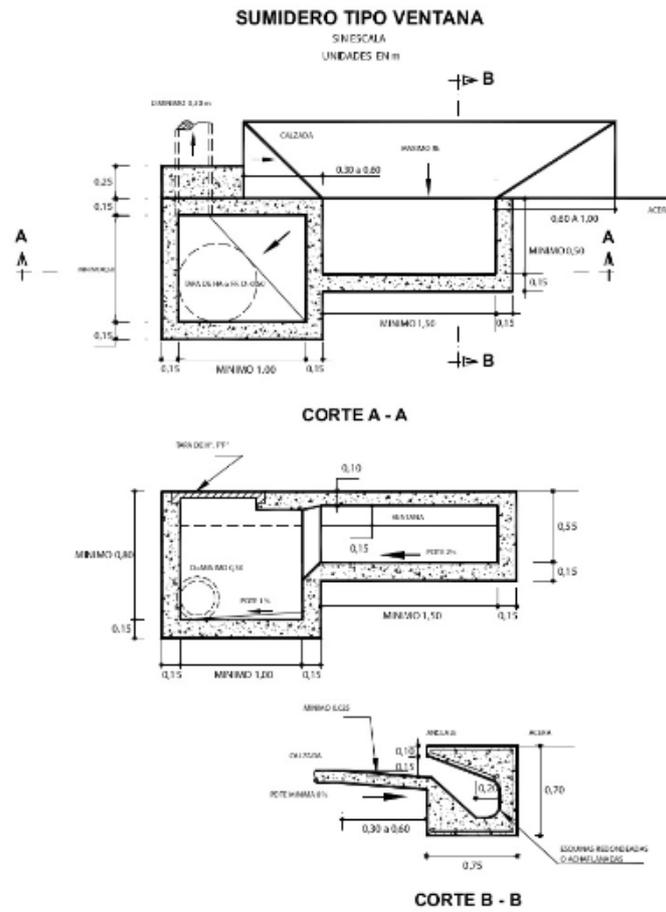


Ilustración 15: Detalle Sumidero Tipo Ventana

Fuente: <https://es.slideshare.net/Netkham/calculo-de-cordon>

En general, las bocas de tormenta deben localizarse en todos los puntos bajos del perfil longitudinal de la cuneta y en las intersecciones evitando el cruzamiento de las corrientes de agua con la zona de tránsito vehicular o de paso de peatones; y cuando el caudal que escurre toma valores que excedan los valores deseados del tirante en cuneta o del ancho de ocupación.

Cámaras de inspección

Se utilizan principalmente para tareas de mantenimiento y saneamiento de la red de drenaje urbano. Además se colocan en aquellos lugares que se debe realizar empalme de caños por cambios de pendiente o alineamiento. Debe destacarse además que los sumideros poseen una cámara de inspección para permitir tareas de limpieza y permitir la conexión mediante cañerías a las colectoras.

En la siguiente imagen se puede observar una sección típica de una cámara de inspección. Las dimensiones mínimas recomendadas son de 1,2m de lado interno, con paredes de 15 a 18 cm.

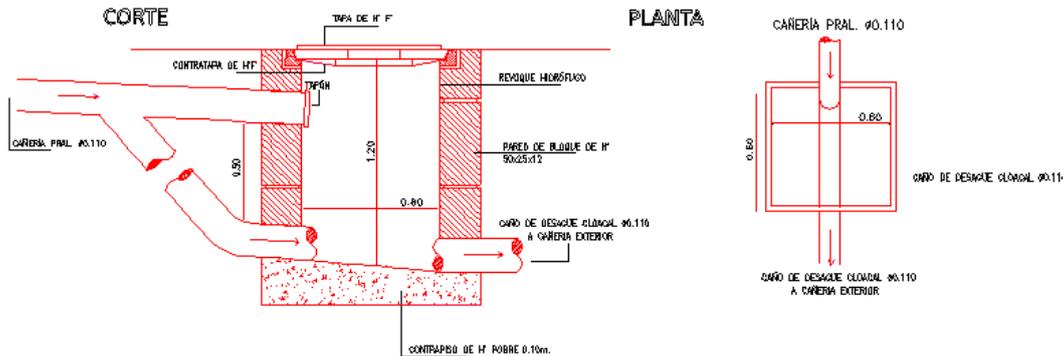


Ilustración 16: Detalle Cámara de Inspección
Fuente: <https://www.bibliocad.com/>

CAÑERIAS COLECTORAS

Son las que transportan las aguas pluviales hasta el punto de descarga seleccionado. Suelen ser de hormigón, pero existen de diversos materiales.

La forma de calcular las mismas es con las ecuaciones de continuidad y de Manning explicadas anteriormente.

Se recomienda la utilización de diámetros mayores o iguales a 300mm, verificando velocidades máximas de 5 m/seg, y mínimas de 0,75 m/seg, para evitar obstrucciones, depósitos de sedimentos y daños a la infraestructura.

3. RELEVAMIENTO DE INFORMACION

Para comenzar con el proyecto es necesario conocer los elementos ya existentes en el terreno y también el entorno de la obra, para luego poder trabajar sobre ello. Esto implica utilizar una herramienta fundamental como el levantamiento topográfico y relevamiento de detalles. Deben relevarse la mayor cantidad de datos posibles, por ejemplo: datos del terreno natural, servicios existentes, el sistema de drenaje actual, las edificaciones existentes, señalización, etc.

Según las mediciones necesarias, podría haberse llevado a cabo con distintos instrumentos y aplicando diversos métodos, pero actualmente, con el uso de la

estación total, se simplifican en gran medida la mayoría de estas tareas. Por lo tanto, como ya se hizo mención en el capítulo correspondiente a la teoría, se hizo uso de este instrumento a lo largo de prácticamente todas las tareas de campo.

3.1. SISTEMA DE APOYO

3.1.1. POLIGONAL CERRADA

Antes de iniciar todo relevamiento, es necesario contar con un sistema de apoyo en los cuales, valga la redundancia, apoyarse en puntos a los que se les conozca exactamente su ubicación o se desee determinar la misma. Como se conoce, este puede ser cerrado formando un polígono o abierto en el caso de obras de desarrollo línea, denominándose poligonal de base.

En este caso, al ser un circuito cerrado se optó por utilizar una poligonal cerrada, cuyos vértices fueron colocados de modo tal de asegurar la intervisibilidad entre los mismos, con el propósito de permitir el empleo de la estación total para el Levantamiento Topográfico, Relevamiento de Detalles y Replanteo del Proyecto.

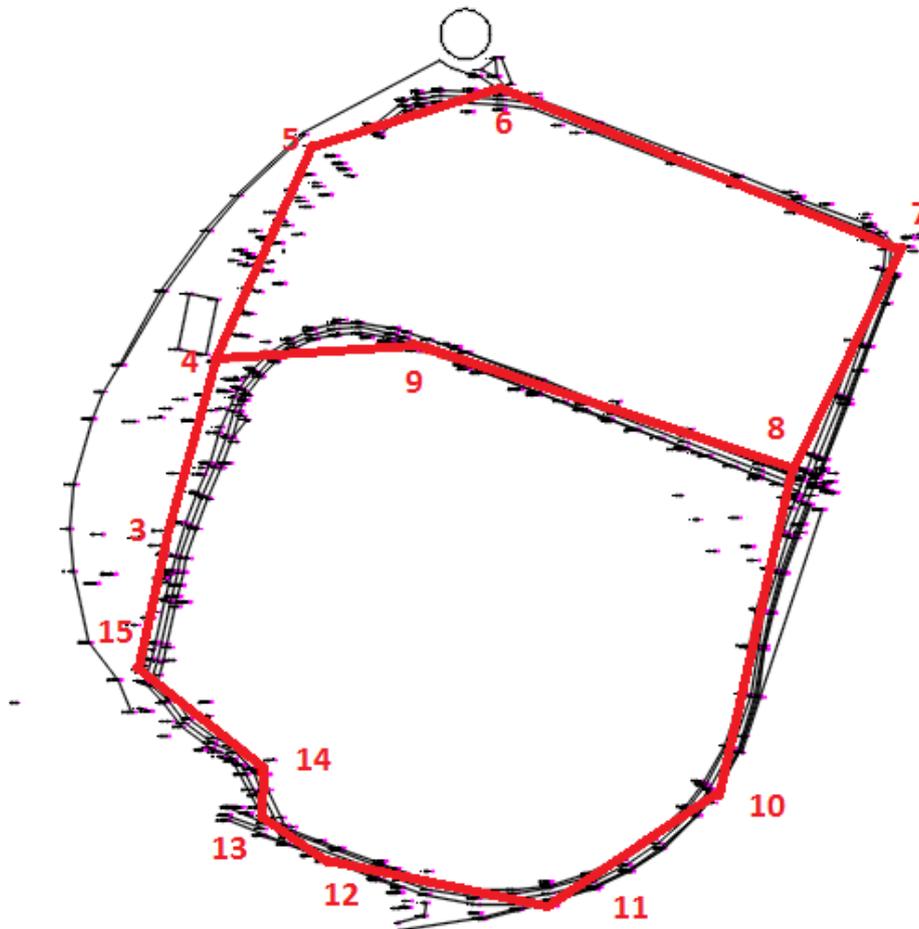


Ilustración 17: Poligonal Cerrada
Fuente: Propia

3.1.2. SISTEMA DE REFERENCIA GLOBAL

El proyecto se realizó mediante un sistema de referencia global, particularmente WGS84 (World Geodetic System) que corresponde al GPS, que es uno de los más utilizados. Con este sistema, se presenta la posibilidad de expresar las coordenadas de un punto de la Tierra en términos de latitud, longitud y altura, o en sus respectivas coordenadas X, Y y Z.

La inicialización del sistema se generó realizando un primer posicionamiento de la estación total en un punto accesible, entre medio de dos puntos fijos conocidos (uno al borde de la ciclo vía, llamado Punto 45, y otro sobre la rotonda de circunvalación). Desde allí se apuntó a estos puntos lejanos al área de influencia de la obra y se realizó una medición indirecta, obteniendo nuestra ubicación por la intersección de los

mismos. Se introducen las coordenadas Norte, Este y Z ya conocidas (obtenidas con GPS), luego arrumbamos y tomamos medida para ambos puntos. Esto nos da las coordenadas de nuestra ubicación en la cual estamos estacionados, denominada estación libre.



Ilustración 18: Punto 45
Fuente: Propia

Desde allí comenzamos a establecer nuestros puntos fijos, comenzando por disparar al PF1 y luego continuamos por estacionarnos en ese punto fijo y arrumbarnos con respecto al punto anterior. Así el trabajo prosigue con una medición directa, con los puntos conocidos (puntos fijos) y arrumbándonos a otro punto anterior.



Ilustración 19: Introduciendo Coordenadas Punto 45
Fuente: Propia

3.1.3. PUNTOS FIJOS

Se contó con un total de 13 puntos fijos a lo largo de la zona de trabajo (comenzando por el PF 3 hasta el 15), como se puede ver en la Ilustración 17: Poligonal Cerrada
Fuente: Propia.

Los mismos deben ser permanentes a lo largo de todas las instancias de la obra, desde su comienzo y durante su ejecución. Se los materializó de diferentes formas según la posibilidad del lugar donde los mismos se encuentran.

Para ello se utilizó:

- Pintura en aerosol con la cual se marcó un punto rodeado por una circunferencia, siendo el punto donde se apoyó el prisma.



Ilustración 20: Puntos Fijos con aerosol
Fuente: Propia

- Estacas de madera clavadas sobre el terreno con ayuda o no de la pintura para su mayor detección.



Ilustración 21: Estacas de Madera
Fuente: Propia

3.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y RELEVAMIENTO DE DETALLES

Una vez inicializado el sistema y posicionada la estación total en el punto fijo correspondiente, se ejecutó el relevamiento. Para realizar bien la tarea debió tenerse en cuenta los posibles errores a cometerse en el proceso de medición, por lo tanto, para reducir estos, se anotaron medidas características necesarias para realizar la corrección de aquellos errores salvables.

Como este instrumento realiza las correcciones automáticamente y también hace la transformación necesaria para obtener la distancia verdadera horizontal salvando las fallas posibles del terreno, es que se debió ingresar la altura del prisma a la cual se realizarían las mediciones (se utilizó una altura de prisma de 1.35 y 1.455 metros) y conocer también la altura propia de la estación.

Por lo tanto, cada inicio de día de trabajo, según la zona a relevar, se paró la estación en el punto designado y se arrumbó a una estación anterior, conocidas ya sus coordenadas planialtimétricas. Luego de generar esa lectura, esta nueva posición actuó como polo a partir de la cual se realizó la medición y correspondiente cálculo para cada uno de los puntos relevados.



Ilustración 22: Medición con Estación Total
Fuente: Propia

En cuanto a los datos relevados, se informó en cada uno de ellos el código de dato a relevar, es decir, a que correspondía el mismo (árbol, alambrado, cuneta, pasto, cordón cuneta, vereda, desagüe, etc.) facilitando su interpretación en la nube de puntos para su dibujo en el espacio digital de trabajo. Como ya se dijo, el levantamiento topográfico del terreno se realizó en simultaneo con el relevamiento de detalles, es por esto que hubo cantidad y calidad de información que hacen a cada tarea y dándole un código específico resultó de ayuda para la representación de la zona y puntos limitantes del diseño.



Ilustración 23: Prisma
Fuente: Propia

Los datos topográficos sirvieron para obtener así el relieve de la zona de estudio, es decir, sus curvas de nivel. Se tomó puntos para ajustarlo más a la realidad. El relevamiento de detalles, además de servir para la representación del terreno ya que a la mayoría de los mismos se los relevó en sus contornos y a nivel del terreno, sirvió tanto para analizar factores de diseño como para dejar asentado en las respectivas notas técnicas o pliegos generados y ser tenidos en cuenta por quien corresponda.

Esto último corresponde a ciertos detalles relevados que deben ser tenidos en cuenta para una expansión necesaria del proyecto o por la constructora adjudicataria de la obra que no se encuentre con imprevistos de gravedad.

En esta etapa se tuvieron en cuenta detalles del terreno de particular interés para el proyecto, ya que nos brindan la información necesaria para saber con qué estamos trabajando y en base a eso poder plantear una solución a los diferentes problemas. Por ejemplo se tomaron puntos ubicados en zonas en donde el desagüe era insuficiente, postes de luz y carteles que deberán ser quitados para la realización del proyecto e instalaciones de servicios que también se verán afectadas por la futura obra.



Ilustración 24: Desagüe mal diseñado cerca al PF 1
Fuente: Propia



Ilustración 25: Poste de luz a ser removido
Fuente: Propia



Ilustración 26: Pozo de Cablevisión
Fuente: Propia

La obtención de estos detalles se realizó en mayor medida mediante el método descrito. Pero fue necesario complementarse por un recorrido posterior de la zona, medición de distancia mediante métodos complementarios adecuados a la facilidad del momento y al apoyo en herramientas digitales. Estos métodos alternativos consistieron en mediciones con ruleta de mano a puntos o líneas conocidas y mediciones a pasos para distancias más largas las cuales se realizaron a paso sostenido en ida y vuelta.

3.3. PLANO TOPOGRAFICO SITUACION ACTUAL

Con la adecuada diferenciación de los puntos relevados, resultó posible la representación de la zona de trabajo, es decir, generar de forma correcta los elementos relevados. Así, quedó definido en el plano el circuito ya existente, los ingresos y egresos al estadio, las obras de drenaje existentes, las instalaciones, etc.

De esta forma, sirvió de apoyo al diseño definitivo del circuito evidenciando ante cualquier modificación generado al mismo, las consideraciones a tener en cuenta, si resultaba aceptable dicha modificación o no.

Así se desarrolló el plano topográfico de la situación actual (ver plano en Anexo):

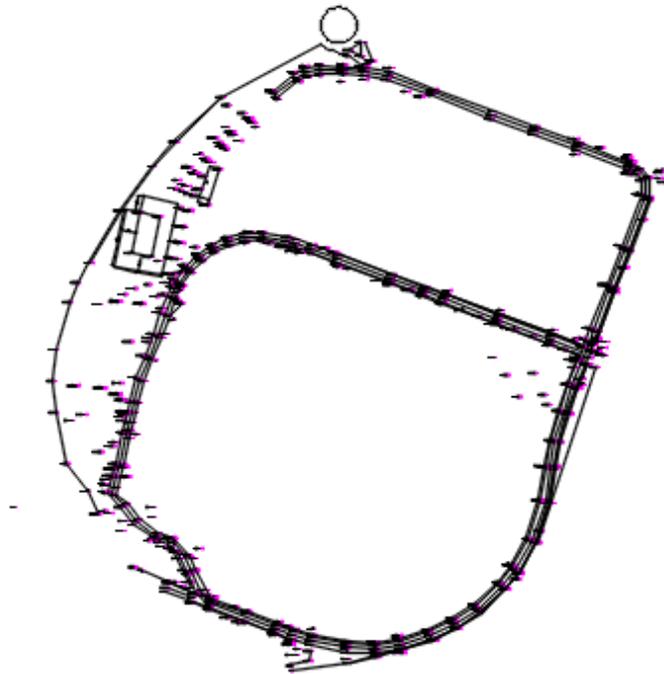


Ilustración 27: Situación Actual
Fuente: Propia

Y luego se planteó un proyecto inicial que luego va a ser profundizado y detallado para su realización (ver plano en Anexo):

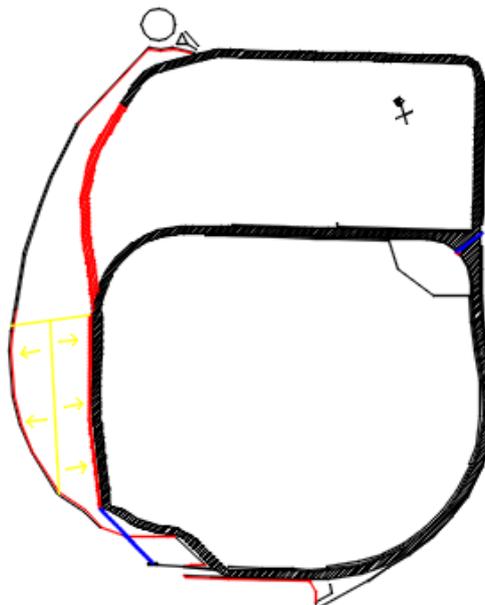


Ilustración 28: Situación Actual con Proyecto
Fuente: Propia

3.4. CONCLUSIONES

Es necesario remarcar la importancia que la realización de esta tarea presenta. Se obtuvo como resultado un modelo digital donde pueden apreciarse adecuadamente la superficie tridimensional y los factores determinantes de diseño. Para llegar al mismo fue necesario que un profesional o técnico recorran el área realizando dichos levantamientos, determinando que puntos había que levantar.

Se obtuvo un modelo digital del terreno, que abarca el modelo digital de elevaciones que representa la topografía del lugar y el relevamiento de detalles con el cual se delimita el área. Se relevaron las interferencias con la que se va a encontrar quien sea el encargado de llevar adelante la ejecución del proyecto.

Disponer de un correcto modelo digital del terreno facilita un sinnúmero de tareas como ser cálculos métricos, análisis de alternativas, variar el diseño adoptado del proyecto para llegar al definitivo, obtener la superposición del proyecto con la realidad a modo de analizar en el sentido que uno quiera, los condicionantes del diseño.

4. PROCESAMIENTO INFORMACION – DRENAJE

El sistema de drenaje actual del circuito presenta dos zonas puntuales con problemas para evacuar el agua. Para diferenciarlas podemos usar su ubicación con respecto al estadio Kempes. Una de ellas se ubica al Oeste y otra al Este del mismo como podemos observar en la siguiente imagen.

Cabe destacar que el sistema de drenaje de la zona Noroeste correspondiente al tramo de circuito faltante será desarrollado en el segundo informe realizado de esta pista de ciclismo.

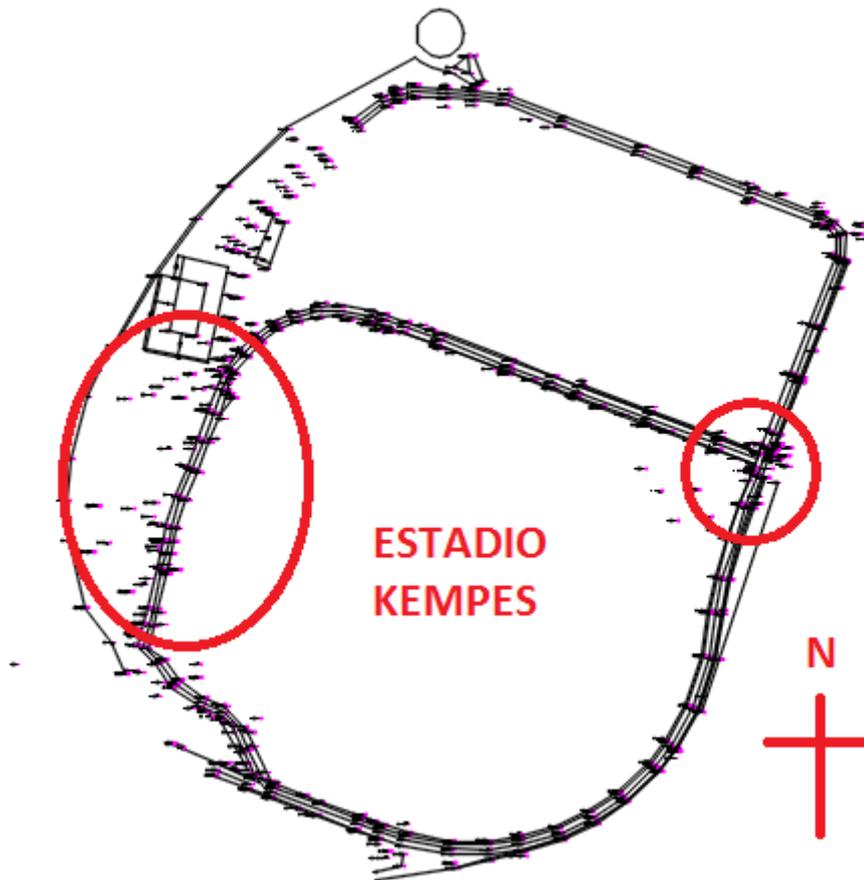


Ilustración 29: Problemas de Drenaje
Fuente: Propia

En esta sección se tratará las posibles soluciones a implementar en ambos casos.

4.1. ZONA OESTE

En esta área actualmente se concentra agua que no tiene donde ser evacuada debido a la presencia de un drenaje mal construido que no conduce el agua fuera de la pista, sino que actúa canalizando la misma hacia la pista. Los efectos del mismo se pueden apreciar en la Ilustración 24: Desagüe mal diseñado cerca al PF 1

Fuente: Propia



Ilustración 30: Drenaje mal resuelto
Fuente: Propia

A su vez, en esta zona se prevé la construcción de un estacionamiento de unos 8500 m^2 aproximadamente con una pendiente a dos aguas, por lo que la mitad de esa área va a escurrir hacia la zona del circuito y la otra hacia la colectora de la Avenida de Circunvalación Agustín Tosco. La pendiente transversal del estacionamiento se propone del 2%.

Para resolver estas situaciones se propone la realización de una cuneta paralela al circuito de ciclismo capaz de solucionar el problema existente de drenaje y poder satisfacer la futura necesidad de evacuar el agua del estacionamiento de manera eficiente. Esta cuneta finalizara en una boca de inspección al terminar el estacionamiento y se comunicará mediante un caño de hormigón con una boca de tormenta existente en el Sur del predio para continuar su evacuación. (Ver Ilustración 32: Proyecto Zona Oeste

Fuente: Propia)

Por último, para la correcta ejecución de la cuneta se deberían correr ciertos pozos pertenecientes a distintos servicios e instalaciones como Cablevisión y Telefónica. Será necesario que se muevan dos de ellos, que actualmente están en la zona de cuneta, y uno, próximo a la misma, hacia un lugar más alejado.



Ilustración 31: Pozo de Servicios
Fuente: Propia

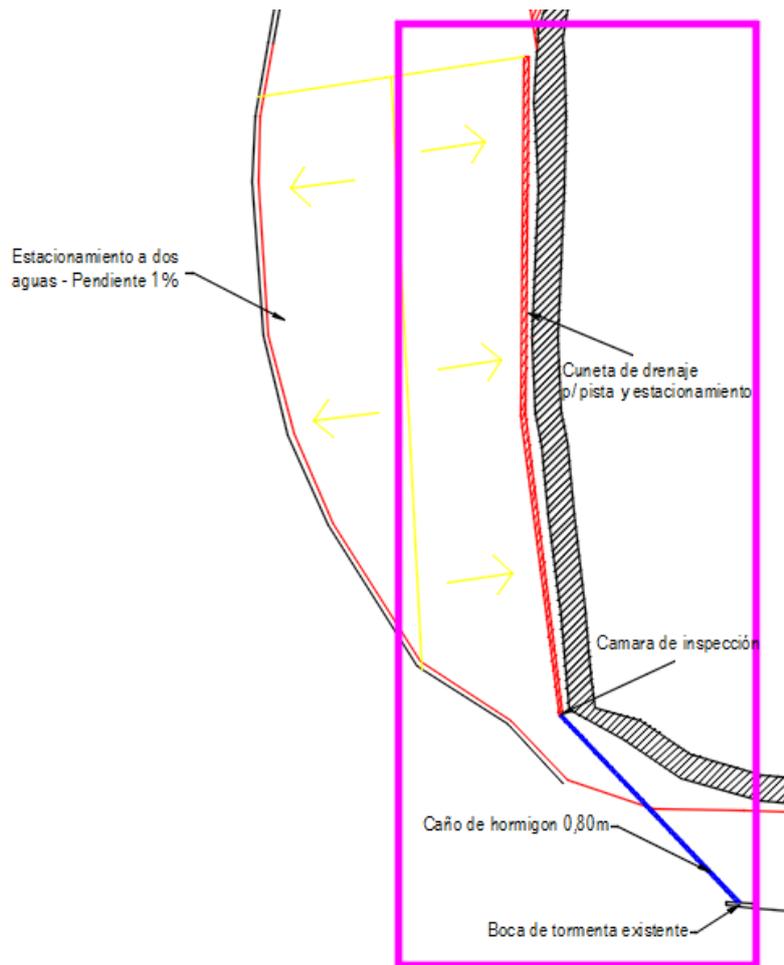


Ilustración 32: Proyecto Zona Oeste
Fuente: Propia

4.1.1. OBTENCION DEL CAUDAL

Para la obtención del caudal se utilizó el Método Racional Generalizado presente en “Manual de Diseño Geométrico Vial” de BERARDO, María Graciela y otros (2017). Segunda edición. Córdoba, Editorial Brujas. El procedimiento del mismo fue explicado en el marco teórico de este informe.

En el anexo se adjunta un plano con las distintas cuencas que aportan a la zona. Los caudales obtenidos para cada una son los siguientes:

| CUENCA 1 | |
|----------|-------|
| α | 1 |
| β | 0,9 |
| M (ha) | 0,589 |

| | |
|-----------|----------|
| E | 1 |
| L (km) | 0,22 |
| k | 1 |
| L '(km) | 0,22 |
| H (m) | 2,5 |
| tc (min) | 10,027 |
| RH (mm/h) | 70 |
| a | 2564,664 |
| c | 7,928 |
| R (mm/h) | 176,267 |
| Q (m3/s) | 0,260 |

Tabla 3: Caudal cuenca 1
Fuente: Propia

| CUENCA 2 | |
|-----------|----------|
| α | 1 |
| β | 0,9 |
| M (ha) | 0,251 |
| E | 1 |
| L (km) | 0,22 |
| k | 1 |
| L '(km) | 0,22 |
| H (m) | 1,7 |
| tc (min) | 11,257 |
| RH (mm/h) | 70 |
| a | 2564,664 |
| c | 7,928 |
| R (mm/h) | 168,629 |
| Q (m3/s) | 0,106 |

Tabla 4: Caudal cuenca 2
Fuente: Propia

Y el caudal total que llega al final de la cuneta es:

| | |
|-----------------|-------|
| Q. TOTAL (m3/s) | 0,365 |
|-----------------|-------|

4.1.2. VERIFICACION DE LA CUNETAS

Se propone una cuneta con las siguientes características:

Altura: 0,5m

Ancho de fondo: 0,3m

Talud: 1:1,2

Pendiente: 0,5%

η : 0,015

| | |
|-----------------------|-------|
| η | 0,015 |
| i | 0,005 |
| b (m) | 0,3 |
| h (m) | 0,5 |
| x | 0,833 |
| A (m ²) | 0,358 |
| P (m) | 1,994 |
| R (m) | 0,180 |
| V (m/s) | 1,501 |
| Q (m ³ /s) | 0,538 |

Tabla 5: Cálculo Cuneta
Fuente: Propia

Como podemos observar en la tabla anterior, la cuneta diseñada puede evacuar el caudal necesario. Por otro lado, la velocidad media del flujo es menor a 3 m/s, lo que nos indica que la misma verifica para las condiciones planteadas.

Ver plano con detalles en el anexo.

4.1.3. VERIFICACION DEL CAÑO DE DESAGÜE

Se considera utilizar un conducto de 800mm, funcionando a sección parcialmente llena. Se adoptan las siguientes características de la sección:

D=800 mm=0,8 m

i= 1%

n=0,012

| | |
|---------------------|-------|
| D (m) | 0,8 |
| A (m ²) | 0,503 |
| P (m) | 2,513 |
| R (m) | 0,2 |
| η | 0,012 |
| i | 0,01 |

| | |
|----------|-------|
| V (m/s) | 2,850 |
| Q (m3/s) | 1,433 |

Tabla 6: Cálculo Caño Colector
Fuente: Propia

Debido a que el caudal a transportar obtenido de la tormenta de diseño adoptada es mucho menor que la capacidad del conducto podemos concluir que es correcta la utilización del conducto propuesto.

Este conducto a pesar de ser de una capacidad de conducción mucho mayor de lo que se estimó como caudal a desaguar se empleará debido a que con este diámetro es posible inspeccionarlo y mantenerlo en forma adecuada.

Ver plano con detalles en el anexo.

4.1.4. CAMARA DE INSPECCION

Al final de la cuneta se propone la realización de una cámara de inspección en donde llegue el agua recolectada por la misma y se canalice a través del caño colector de agua. En la parte superior de la misma se diseñó una apertura para poder realizar la limpieza de la misma.

Ver plano con detalles en el anexo.

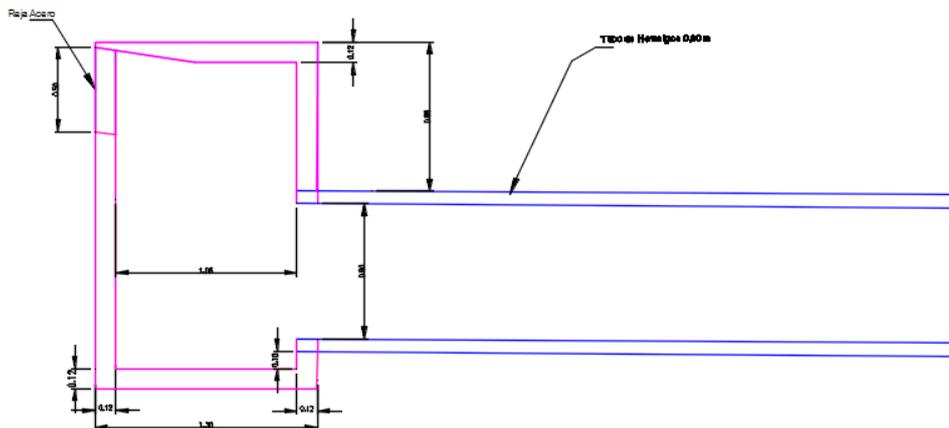


Ilustración 33: Cámara de inspección
Fuente: Propia

4.2. ZONA ESTE

Esta parte del predio Kempes ya presenta un sistema de drenaje, pero el mismo tiene dificultades para la correcta evacuación del agua debido a problemas de mantenimiento y de diseño. Por otro lado, la Boca de Tormenta que se encuentra en la curva que empalma hacia el circuito chico invade la pista, siendo un obstáculo a tener en cuenta para los ciclistas que circulan por el carril rápido.



Ilustración 34: Boca de Tormenta existente
Fuente: Propia



Ilustración 35: Mal Drenaje de BT
Fuente: Propia

En esta sección se planea el rediseño de la Boca de Tormenta ubicada en esta curva para que se adecúe de mejor forma a los requerimientos del circuito y de la circulación de las personas que asisten al predio Kempes.

Por otro lado se proyecta la evacuación del agua recolectada por esta boca de tormenta de forma más directa fuera del predio mediante un caño bajo tierra que se comunique con una boca de inspección ya existente al otro lado del circuito. (Ver Ilustración 37: Proyecto Zona Este Fuente: Propia)



Ilustración 36: Boca de Inspección
Fuente: Propia

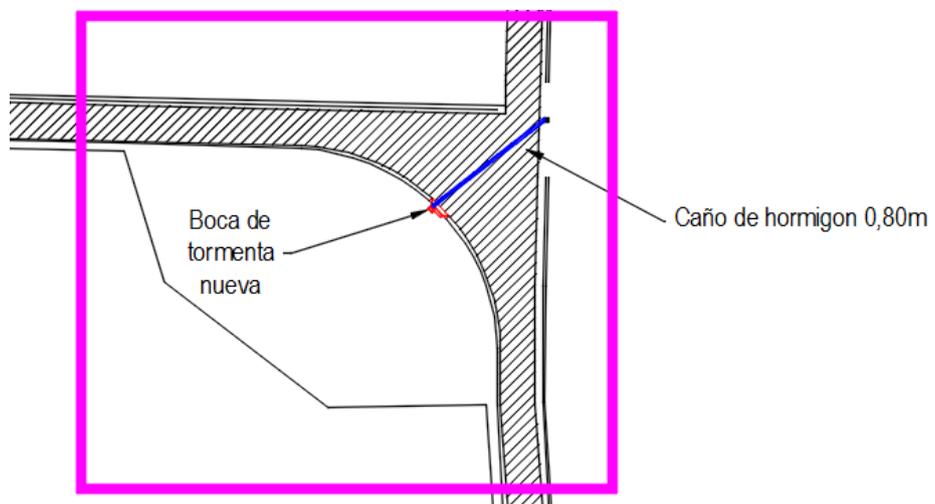


Ilustración 37: Proyecto Zona Este
Fuente: Propia

4.2.1. OBTENCION DEL CAUDAL

En el anexo se adjunta un plano con las distintas cuencas que aportan a la zona. Los caudales obtenidos para cada una son los siguientes:

| CUENCA 3 | |
|-----------------------|----------|
| α | 1 |
| β | 0,9 |
| M (ha) | 0,25 |
| E | 1 |
| L (km) | 0,292 |
| k | 1 |
| L '(km) | 0,292 |
| H (m) | 0,93 |
| tc (min) | 17,906 |
| RH (mm/h) | 70 |
| a | 2564,664 |
| c | 7,928 |
| R (mm/h) | 138,030 |
| Q (m ³ /s) | 0,086 |

Tabla 7: Caudal cuenca 3
Fuente: Propia

| CUENCA 4 | |
|-----------------------|----------|
| α | 1 |
| β | 0,9 |
| M (ha) | 0,1045 |
| E | 1 |
| L (km) | 0,451 |
| k | 1 |
| L '(km) | 0,451 |
| H (m) | 1,77 |
| tc (min) | 22,800 |
| RH (mm/h) | 70 |
| a | 2564,664 |
| c | 7,928 |
| R (mm/h) | 122,623 |
| Q (m ³ /s) | 0,032 |

Tabla 8: Caudal cuenca 4
Fuente: Propia

| CUENCA 5 | |
|-----------|----------|
| α | 1 |
| β | 0,9 |
| M (ha) | 0,4855 |
| E | 1 |
| L (km) | 0,422 |
| k | 1 |
| L '(km) | 0,422 |
| H (m) | 1,78 |
| tc (min) | 21,298 |
| RH (mm/h) | 70 |
| a | 2564,664 |
| c | 7,928 |
| R (mm/h) | 126,906 |
| Q (m3/s) | 0,154 |

Tabla 9: Caudal cuenca 5
Fuente: Propia

Y el caudal total que llega a la boca de tormenta es:

| | |
|-----------------|-------|
| Q. TOTAL (m3/s) | 0,272 |
|-----------------|-------|

4.2.2. VERIFICACION DEL CAÑO DE DESAGÜE

Se considera utilizar un conducto de 800mm, funcionando a sección parcialmente llena. Se adoptan las siguientes características de la sección:

$$D=800 \text{ mm}=0,8 \text{ m}$$

$$i= 1\%$$

$$n=0,012$$

| | |
|----------|-------|
| D (m) | 0,8 |
| A (m2) | 0,503 |
| P (m) | 2,513 |
| R (m) | 0,2 |
| η | 0,012 |
| i | 0,01 |
| V (m/s) | 2,850 |
| Q (m3/s) | 1,433 |

Tabla 10: Cálculo caño Colector
Fuente: Propia

Debido a que el caudal a transportar obtenido de la tormenta de diseño adoptada es mucho menor que la capacidad del conducto podemos concluir que es correcta la utilización del conducto propuesto.

Este conducto a pesar de ser de una capacidad de conducción mucho mayor de lo que se estimó como caudal a desaguar se empleará debido a que con este diámetro es posible inspeccionarlo y mantenerlo en forma adecuada.

4.2.3. DISEÑO DE SUMIDERO

Se diseñó un sumidero de tipo ventana con una longitud de 4 metros. El mismo cuenta con una tapa para poder realizar tareas de mantenimiento en caso de ser necesarias. Se le añadió a su alrededor un llamador de agua, que es una depresión en el terreno para poder así dirigir el agua de forma más eficiente para adentro del sumidero.

Se recomienda cubrir la apertura del mismo por una reja para poder evitar el ingreso de distintos desechos y contribuir a la seguridad del predio.

Ver plano con detalles en el anexo.

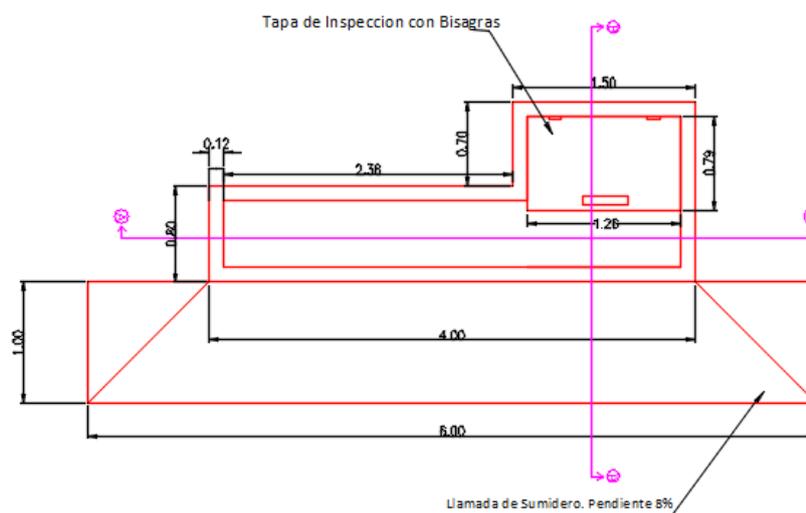


Ilustración 38: Sumidero Tipo Ventana
Fuente: Propia

4.3. OBRAS COMPLEMENTARIAS

A lo largo del circuito es necesario realizar ciertas obras para lograr las condiciones óptimas de circulación.

Primero, se puede destacar la falta de mantenimiento del mismo. En lo que respecta al drenaje se deben limpiar todas las cunetas existentes, ya que las mismas presentan barro, desechos y ramas que entorpecen el flujo del agua a drenar, como puede observarse en las siguientes imágenes:



Ilustración 39: Cuneta tapada por barro
Fuente: Propia



Ilustración 40: Cuneta tapada por ramas y desechos
Fuente: Propia

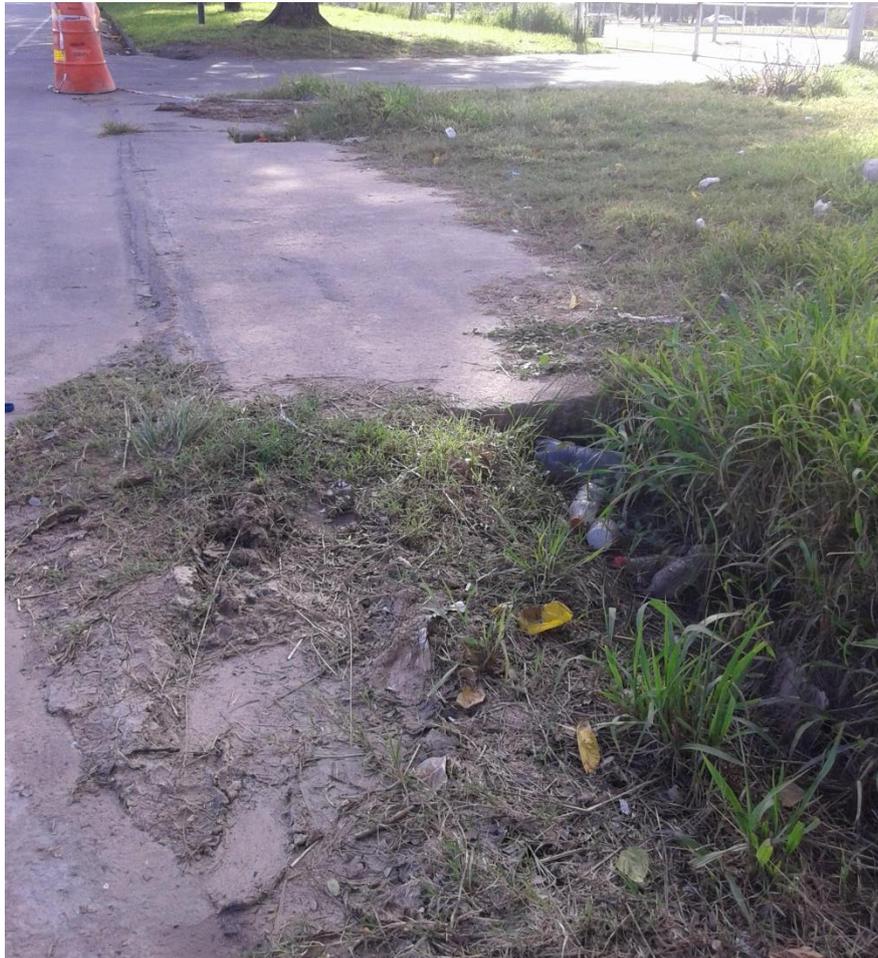


Ilustración 41: Cuneta con barro y pasto
Fuente: Propia



Ilustración 42: Cuneta con barro y pasto
Fuente: Propia

Por otro lado, hay que destacar la peligrosidad que presenta la cuneta existente en el empalme con el circuito chico, debido a su profundidad y la ausencia de algún elemento de protección entre la pista y la misma. Se propone la construcción de una barrera pegada a la cuneta, al estilo guardrail.



Ilustración 43: Cuneta de estacionamiento con barro, desechos y escombros
Fuente: Propia

También, en algunas entradas y salidas del predio del estadio Kempes, el curso del agua drena por caños de pequeño tamaño de un lado hacia el otro. Debido a la cantidad de barro y basura presentes en el lugar, el diámetro de los mismos ocasiona que se tapen y no pueda fluir el agua con normalidad.



Ilustración 44: Entorpecimiento del curso del agua
Fuente: Propia

El último día de medición, en el predio se realizó la limpieza de ciertos sectores, y por ello pudimos encontrar una boca de tormenta que estaba completamente cubierta por pasto.



Ilustración 45: Limpieza de desagües
Fuente: Propia



Ilustración 46: Boca de tormenta
Fuente: Propia

4.4. COMPUTO METRICO

Una vez definidas todas las características del sistema de drenaje, se procedió a la realización del cómputo métrico que conlleva la ejecución de los elementos de desagüe y las obras complementarias necesarias.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

| Ítem | | Unidad | Cantidad |
|------|---|--------|----------|
| Nº | Designación | | |
| 1 | Limpieza de Cunetas | m | 2548 |
| 2 | Defensas cuneta existente en circuito chico | m | 153,5 |
| 3 | Ejecución sumidero con provisión de materiales en zona Este (ANEXO 7) | Global | 1 |
| 4 | Ejecución con provisión de material de conducto de desagüe del sumidero y empalme en boca de inspección existente (ANEXO 7) | m | 36 |
| 5 | Ejecución con provisión de material de cuneta de desagüe sección trapezoidal en zona Oeste (ANEXO 5) | m | 220 |
| 6 | Ejecución boca de inspección, conducto de D=800mm y empalme con boca de tormenta existente (ANEXO 6) | m | 88 |

Tabla 11: Cómputo Métrico
Fuente: Propia

Cabe destacar que el computo métrico se tiene que ajustar en función del proyecto geométrico que falta de presentar (Segunda parte del Proyecto de Reestructuración de la Pista de Ciclismo).

5. CONCLUSIONES

5.1. ESPECÍFICAS

Como conclusión técnica y específica de este informe se procederá a dividir nuevamente la zona de trabajo en Oeste y Este.

En la parte Oeste es necesario realizar:

- Cuneta (ver lámina 5).
- Cámara de inspección (ver lámina 6).
- Caño colector de hormigón de 800mm (ver lámina 6).

- Mover tres pozos de servicios.
- Empalme de caño con boca de tormenta existente.

En la parte Este es necesario realizar:

- Nuevo sumidero de tipo ventana con llamada de agua (ver lámina 8).
- Caño colector de hormigón de 800mm (ver lámina 8).
- Empalme de caño con cámara de inspección existente.

Otro punto a tener en cuenta es el de ejecutar obras de limpieza y mantenimiento de cunetas y alrededores del circuito a lo largo de toda su extensión. También es necesaria la construcción de una defensa que bordee la cuneta existente en el empalme del circuito chico.

5.2. GENERALES

En el transcurso del presente trabajo se pudo profundizar el desarrollo del sistema de drenaje de una zona urbana, desde el cálculo de los caudales necesarios a evacuar hasta las obras a realizar para lograrlo.

En cuanto al proceso en general, me permitió poner en contacto con diversos profesionales de distintas áreas que aportaron sus ideas para satisfacer los requerimientos del predio Kempes. También poder trabajar en equipo, no sólo con mi compañero de práctica supervisada, sino también con ingenieros y agrimensores de Vialidad que nos compartieron sus conocimientos y experiencias laborales para facilitarnos nuestras tareas a la hora de encarar el proyecto.

En lo personal, me pareció muy interesante la idea de encarar un proyecto desde cero, ingeniando la forma de hacer las cosas con los conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera de ingeniero civil. Creo que de éso se trata nuestra profesión, enfrentarnos a un problema y utilizar nuestros aprendizajes para ver cuál es la mejor forma de solucionarlo, siendo lo más eficientes y prácticos posible.

En lo que respecta al proyecto, me gustó participar de algo que va a ser aprovechado por miles de personas que frecuentan el lugar, no sólo los ciclistas, sino también todos aquellos que recurren al estadio por sus múltiples eventos.

Como conclusión general de la Práctica Supervisada, puedo destacar la importancia que tiene para la correcta inserción del joven profesional en el ámbito laboral, aprendiendo no sólo los conceptos técnicos necesarios para realizar cada labor sino también el desarrollo de una mentalidad, forma de pensar y ejecutar las cosas, tan útil para nuestra profesión

Por último, me gustaría aprovechar este espacio para agradecerle a nuestra Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales por todo este período de aprendizaje en mi vida que me permitió formarme y ser quien soy, rodeado por maestros de primer nivel dispuestos a transmitir sus conocimientos a jóvenes interesados en la ingeniería.

6. BIBLIOGRAFIA

[http://deportes.cba.gov.ar/card/instalaciones/ \(08/2019\)](http://deportes.cba.gov.ar/card/instalaciones/ (08/2019))

[https://es.wikipedia.org/wiki/Topograf%C3%ADa \(08/2019\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Topograf%C3%ADa (08/2019))

BERARDO, María Graciela y otros (2017). “Manual de Diseño Geométrico Vial”. Segunda edición. Córdoba, Editorial Brujas.

CHOW, V.T. (2004). “Hidráulica de Canales Abiertos”. Colombia, Editorial Nomos.

STREETER, Victor y otros (1996). “Mecánica de los fluidos”. Octava edición. México, McGraw-Hill.

CARCIENTE, Jacob y otros (1977). “Drenaje de Carreteras – Manual de Estructuras Típicas”. Primera edición. Caracas, Venezuela. Editorial Ediciones Vega S.R.L.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA. FCEFyN. Apuntes de cátedra Topografía I y II.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA. FCEFyN. Apuntes de cátedra Diseño Vial Urbano de la Maestría de Ciencias de la Ingeniería, mención en Transporte.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA. FCEFyN. Apuntes de cátedra Ing. Sanitaria.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA. FCEFyN. Apuntes de cátedra Hidrología y Procesos Hidráulicos.

7. ANEXO

LÁMINA 1 - Plano topográfico de la situación actual

LÁMINA 2 - Plano general de la situación actual con proyecto

LÁMINA 3 – Plano de cuencas

LÁMINA 4 – Planimetría zona Oeste

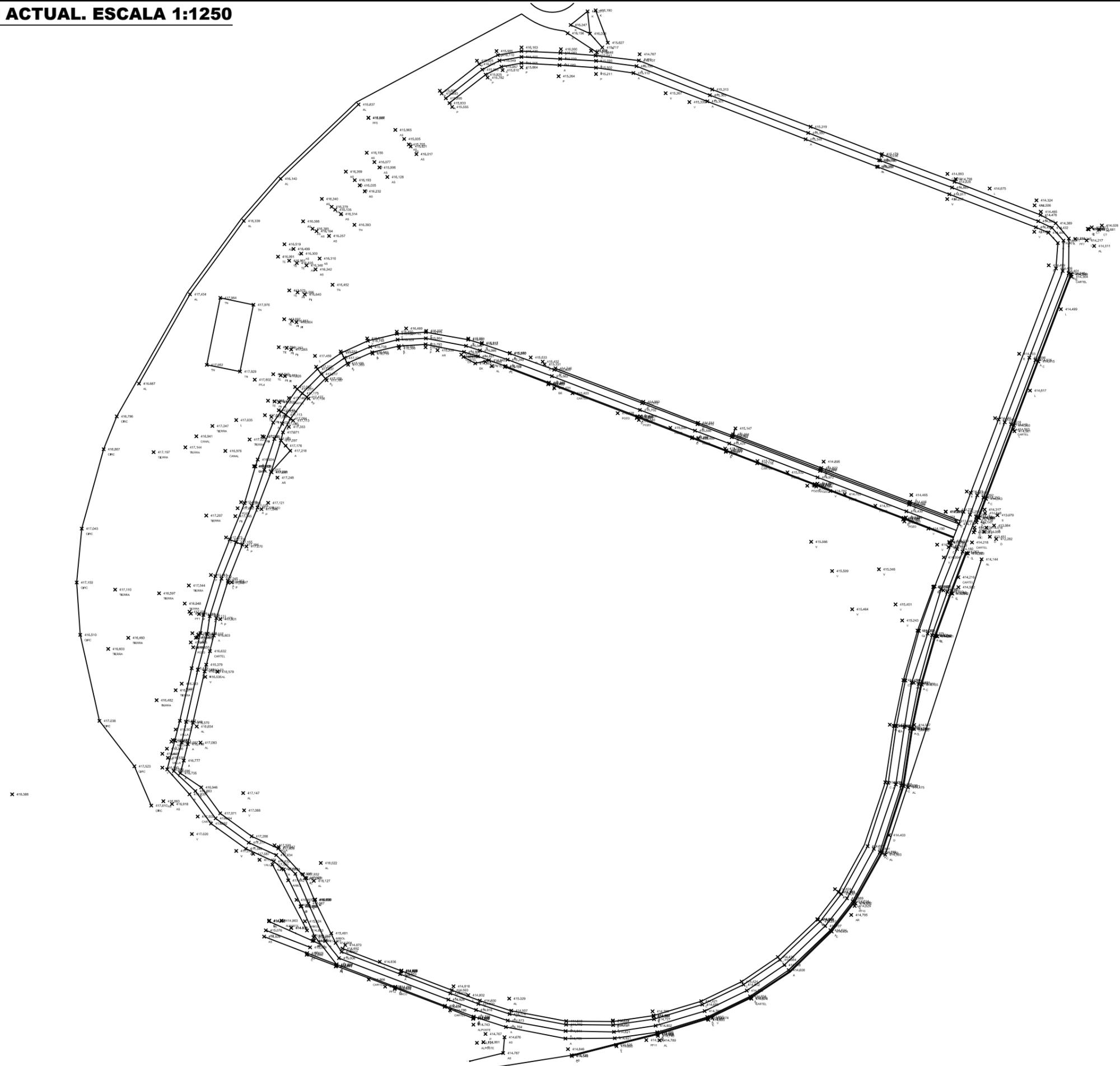
LÁMINA 5 - Plano de cuneta, perfil longitudinal y transversal

LÁMINA 6 – Plano de cañería colectora y cámara de inspección

LÁMINA 7 – Planimetría zona Este

LÁMINA 8 – Plano de sumidero

PLANO SITUACIÓN ACTUAL. ESCALA 1:1250



UNIVERSIDAD NACIONAL CORDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS,
FISICAS Y NATURALES



COMITENTE:
Agencia Córdoba Deportes



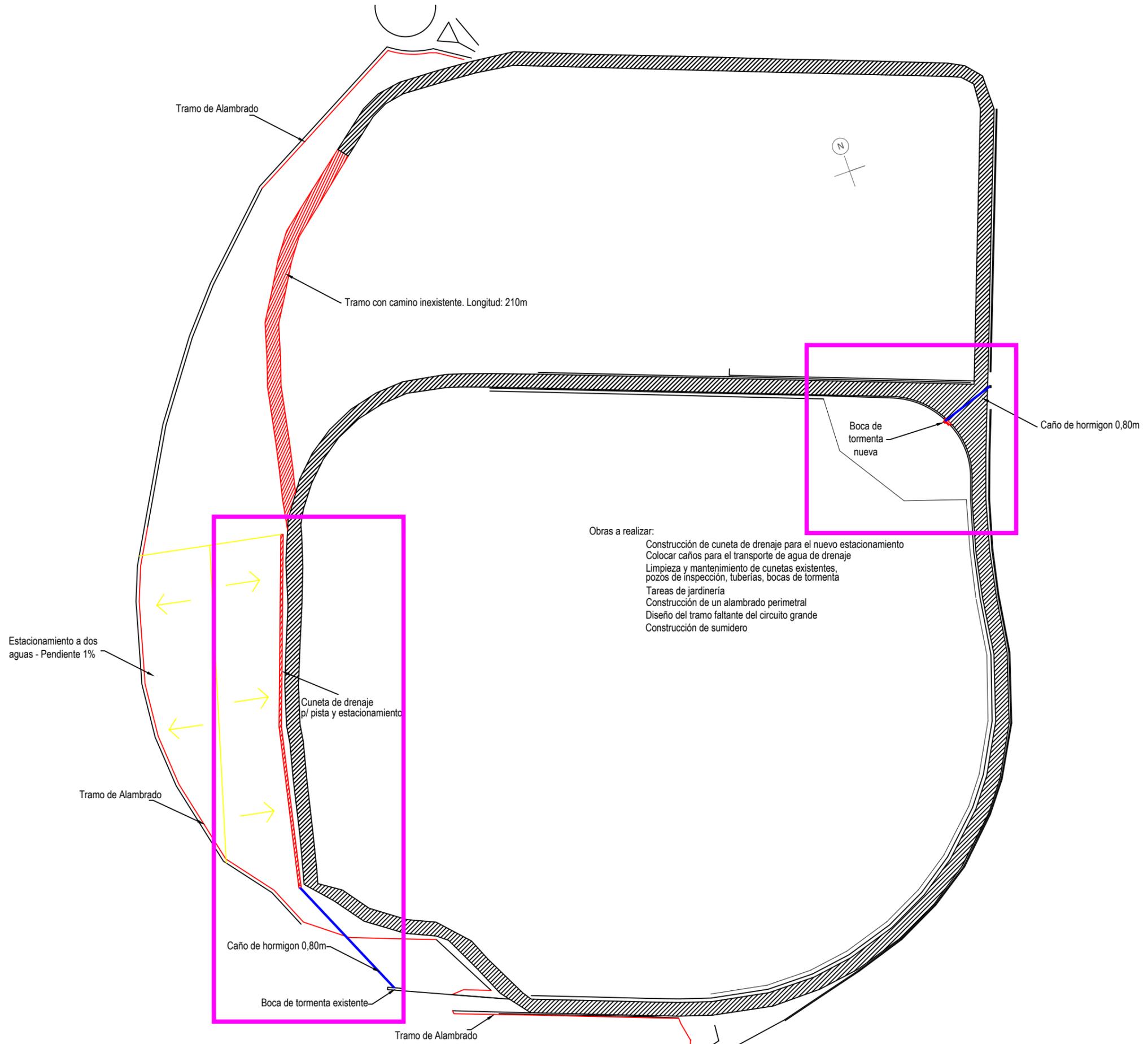
ALUMNO
CATALANO, FRANCISCO
Nº MATRÍCULA: 39421808

OBRA: PISTA DE CICLISMO ESTADIO KEMPES
PROYECTO: DRENAJE

AÑO: 2019
PROVINCIA: CÓRDOBA
ESCALAS: Indicadas según Plano

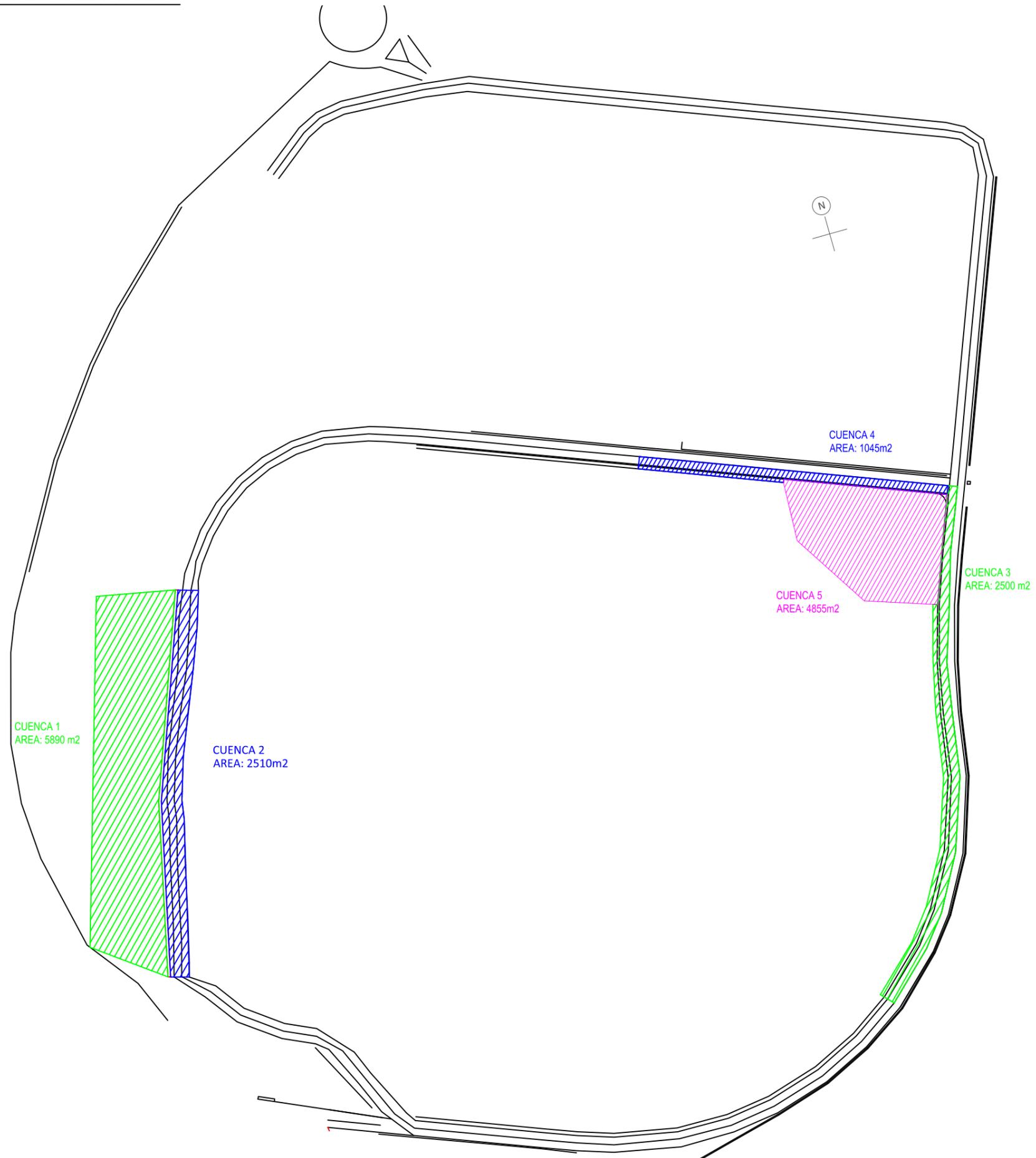
LAMINA
Nº 01
De. 08

PLANIMETRÍA DE PROYECTO. ESCALA 1:1250

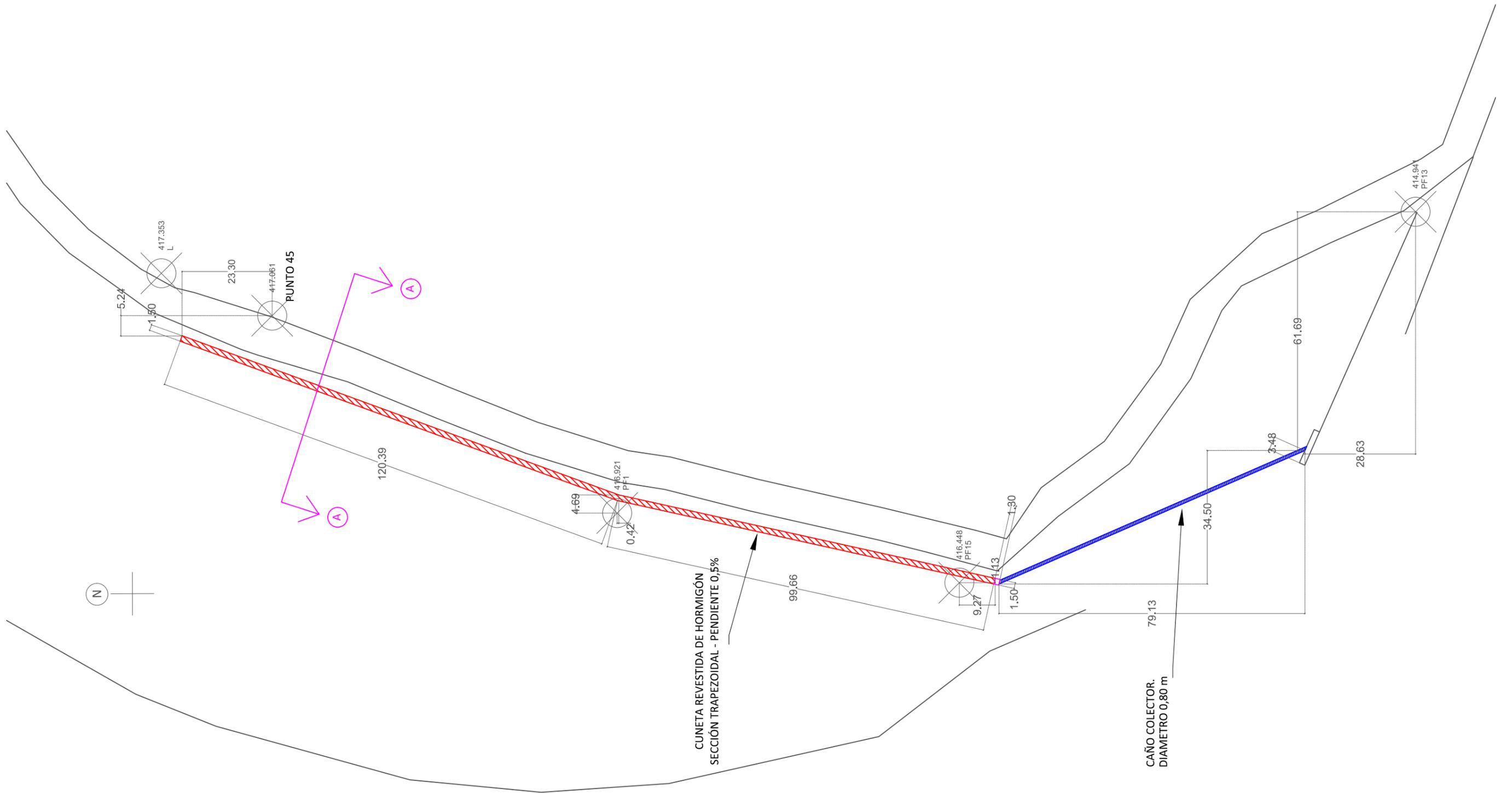


- Obras a realizar:
- Construcción de cuneta de drenaje para el nuevo estacionamiento
 - Colocar caños para el transporte de agua de drenaje
 - Limpeza y mantenimiento de cunetas existentes, pozos de inspección, tuberías, bocas de tormenta
 - Tareas de jardinería
 - Construcción de un alambrado perimetral
 - Diseño del tramo faltante del circuito grande
 - Construcción de sumidero

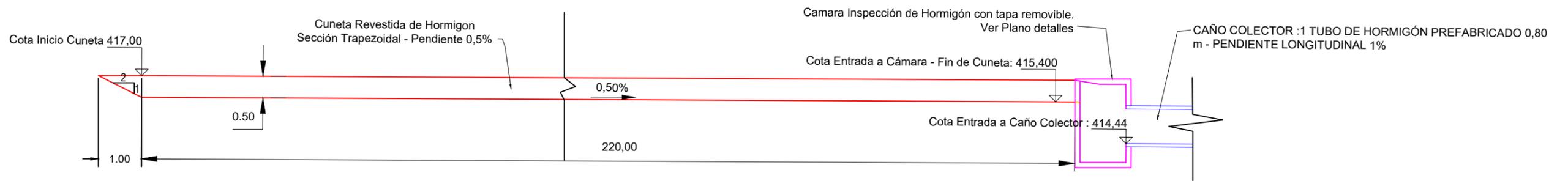
CUENCAS DE APORTE HÍDRICO. ESCALA 1:1250



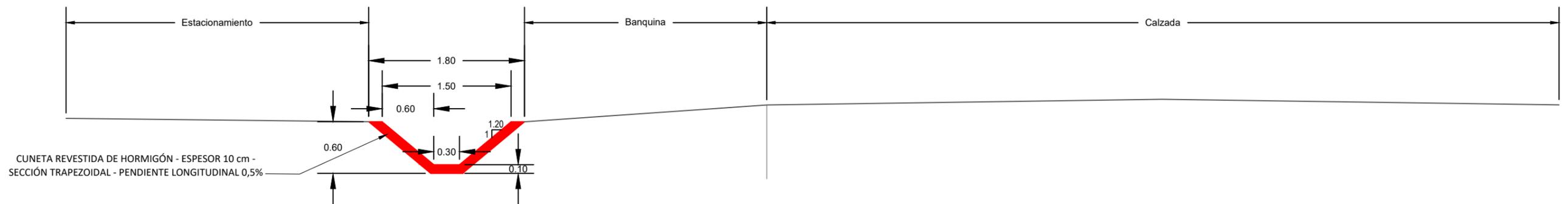
OBRAS PROYECTADAS REFERENCIADAS A PUNTOS FIJOS. ESCALA 1:500



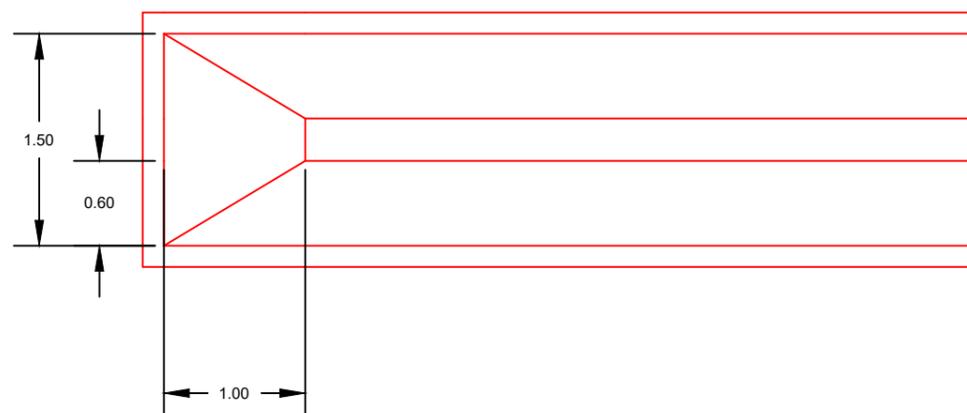
PERFIL LONGITUDINAL CUNETA - ESCALA 1:50



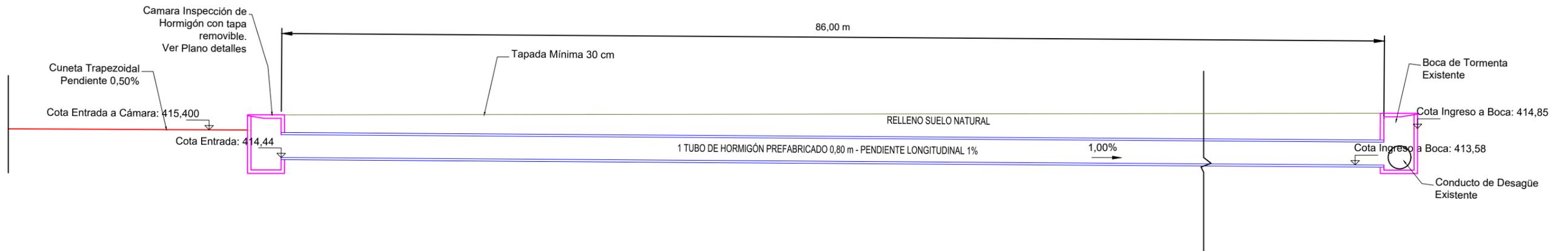
SECCIÓN CUNETA - ESCALA 1:25



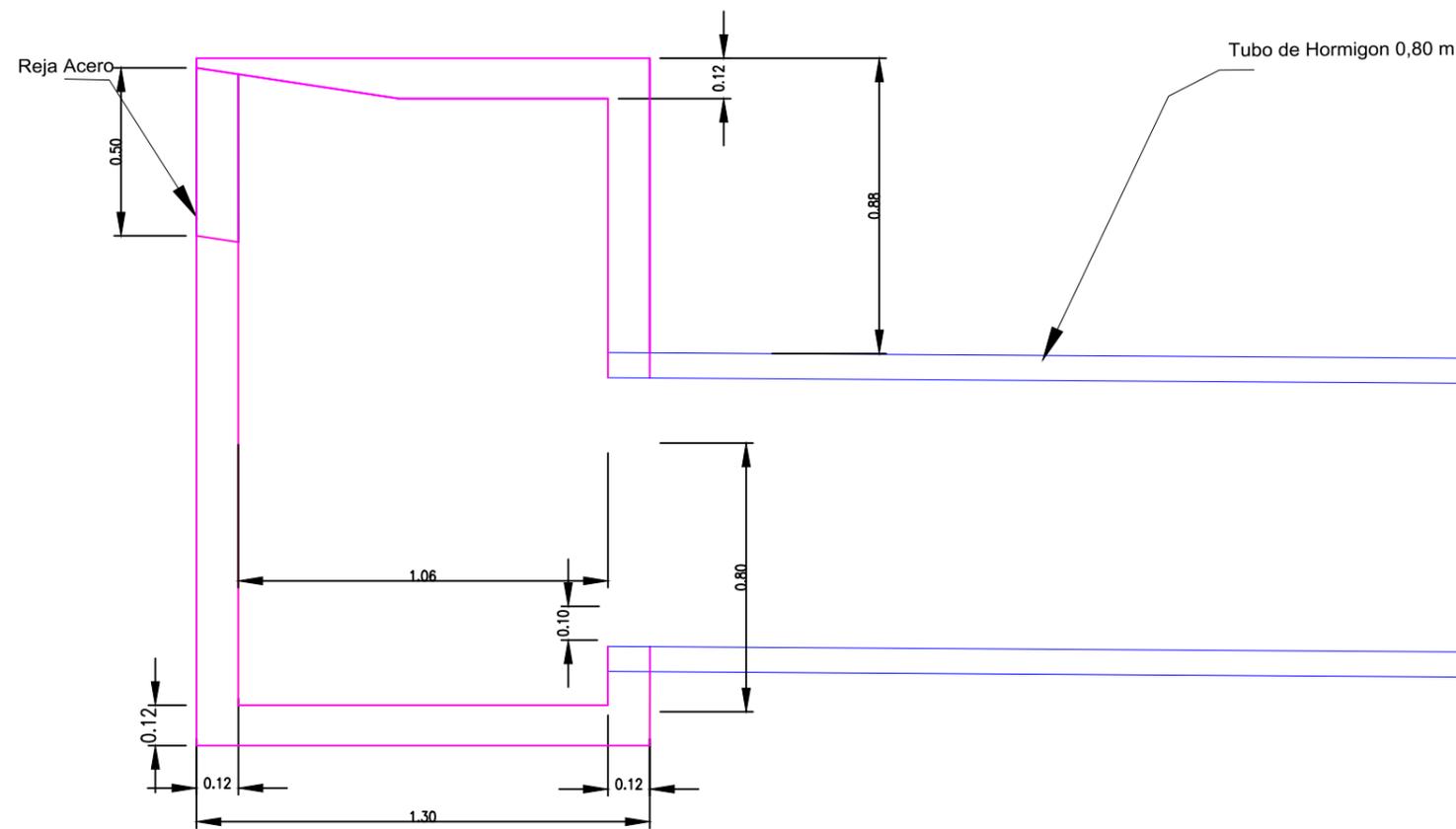
EMBOCADURA CUNETA - ESCALA 1:25



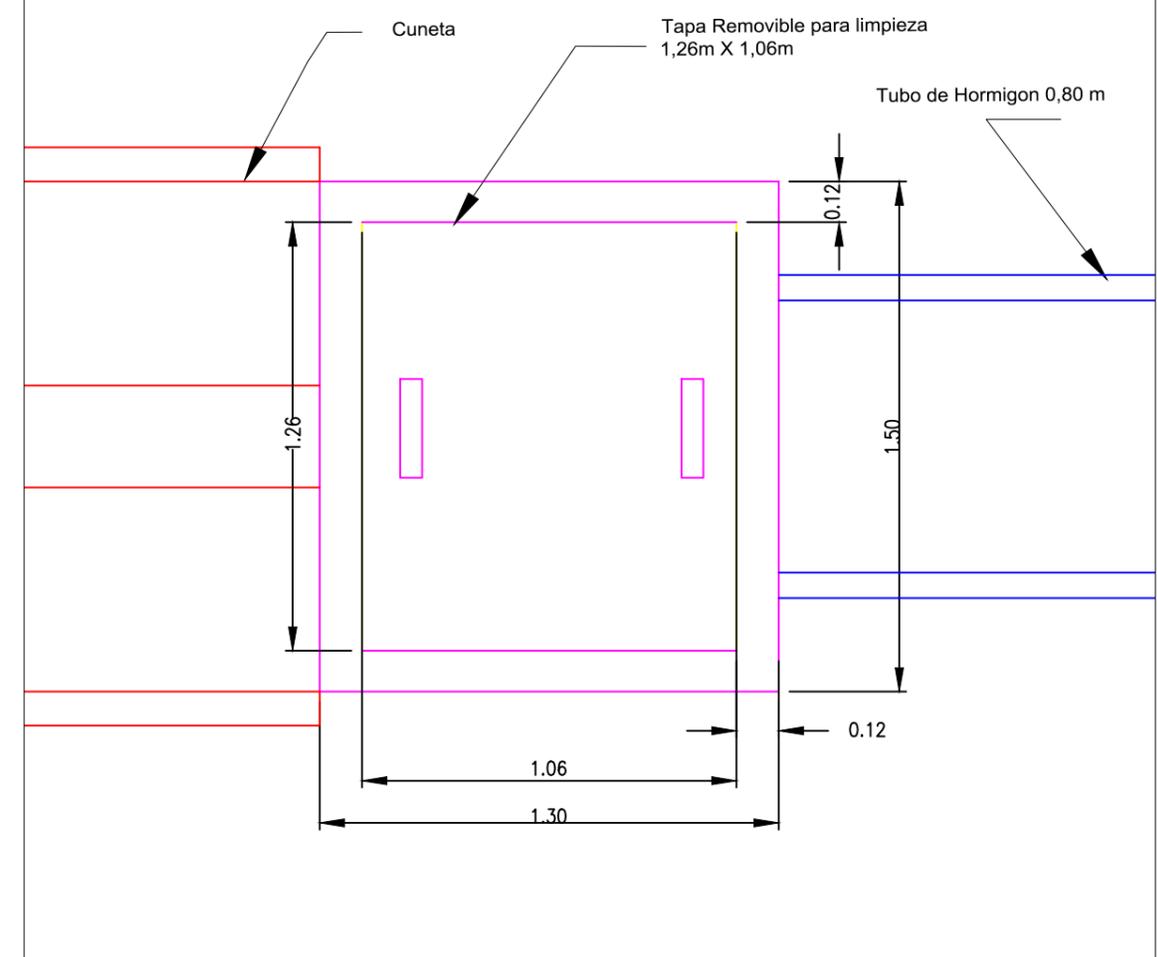
PERFIL LONGITUDINAL CAÑO COLECTOR - ESCALA 1:75



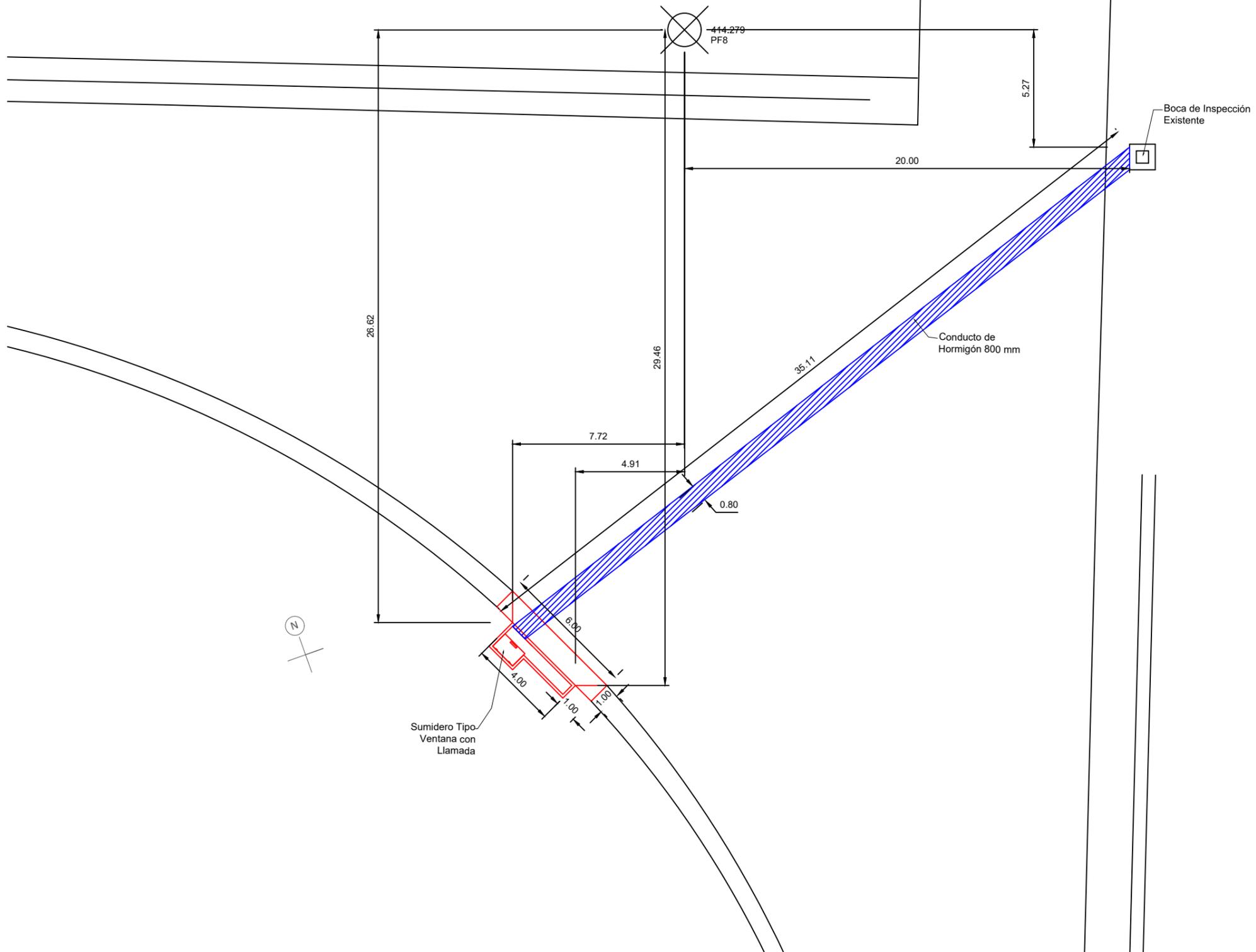
DETALLES CÁMARA DE INSPECCIÓN EN CORTE - ESCALA 1:10



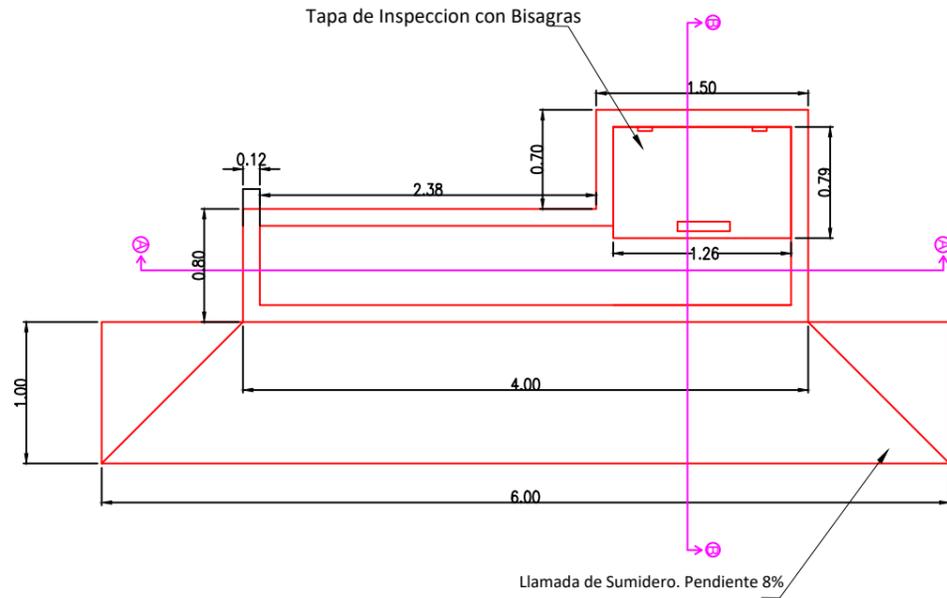
DETALLES CÁMARA DE INSPECCIÓN EN PLANTA - ESCALA 1:10



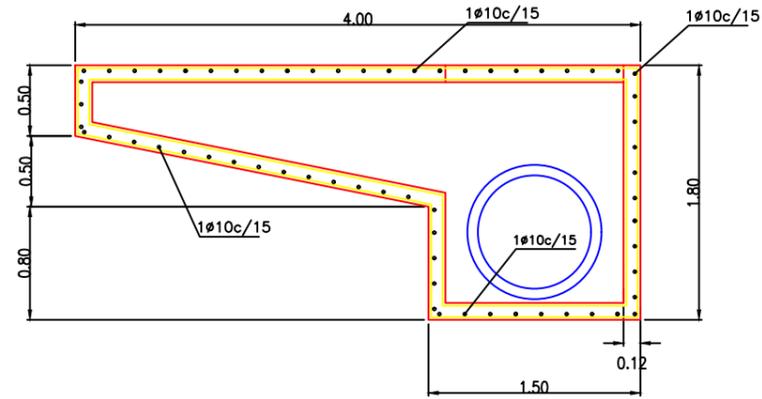
PLANIMETRIA SUMIDERO - ESCALA 1:100



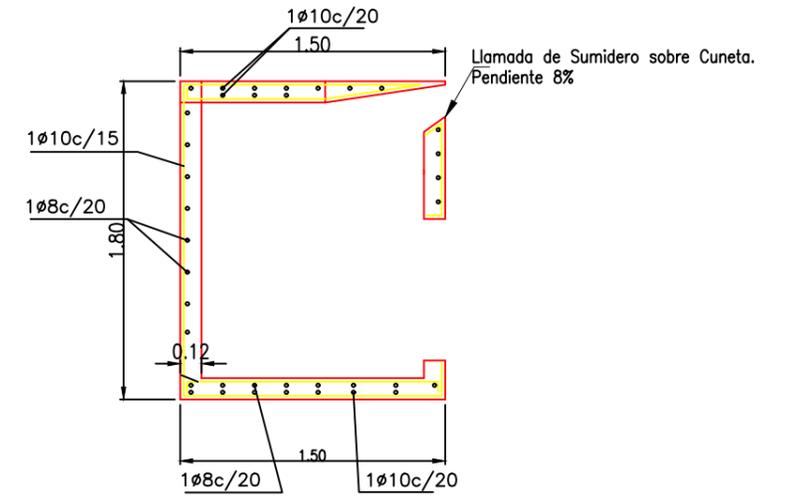
PLANTA SUMIDERO - ESCALA 1:25



CORTE A-A SUMIDERO - ESCALA 1:25



CORTE B-B SUMIDERO - ESCALA 1:20



PERFIL LONGITUDINAL SUMIDERO - ESCALA 1:20

