

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

## **1 Agradecimientos**

Agradezco a

Principal y especialmente a mi familia, y en particular a mi madre Norma, quien desde un principio me brindo la posibilidad de poder seguir mis estudios a la distancia, con todas las dificultades y el esfuerzo que eso implica. Brindándome siempre el apoyo y dando la fortaleza para poder seguir adelante, enseñándome que, con esfuerzo, dedicación y sobre todo perseverancia los objetivos se alcanzan.

A mi hermana Paula, quien tanto como mi madre siempre fue mi pilar de sustento ante las circunstancias, brindándome su apoyo en todo momento. Y junto a ellas, mis tíos y abuelos que en la distancia siempre me llenaron de buenos augurios y deseos en todo este tiempo.

A la Universidad Nacional de Córdoba, en particular a la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, la casa de estudios que me formo tanto de forma académica como personal e instruyó, gracias a su capital humano tanto profesionales docentes como así también personal administrativo, los conocimientos y aptitudes en el desarrollo para ser un futuro profesional de manera totalmente gratuita.

Al Ing. Civil Oscar Dapás, mi tutor interno, quien desde un principio tuvo la buena predisposición de acompañarme en todo el tiempo que se desarrolló esta práctica supervisada y quien a su vez estuvo en todo momento presente ante cualquier duda que surgiera de la misma, tanto en el avance del presente informe como en las etapas previas a la actividad.

Al Ing. Agrimensor Javier O'connor quien fue mi tutor externo en la obra y quien también desde un principio supo tener la buena voluntad y la paciencia para poder guiarme en todo el tiempo que duro el desarrollo del trabajo supervisado. Así también al Ing. Guillermo Guerra, Ing. Nicolás Vera, y todo el staff de AFEMA tanto administrativo como operativo.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

A los amigos que me hizo encontrar la vida, tanto en el ámbito educativo como en el ámbito social, aquellos quienes estuvieron siempre y supieron ofrecer su apoyo y estuvieron presente de alguna manera u otra a pesar de las distancias, Nestor Balbo, Guillermo Fiesta, Milenka Alacevich, Matias Aguilera, Claudio Ortiz, Pablo Cabrera, Micaela Baggini, David Camargo, Pablo Melián, Micael Diez, mis primos-amigos Andrea Rodriguez, Lucas Barroso, y todos aquellos que aportaron tanto en este último tiempo Emiliano Palacios, Tomas Florian, Elias Riachi, Santiago Montiel, Agustin Chazarreta, Ignacio Mulki, Juancho Arguello, pero sobre todo un especial agradecimiento a quienes, en gran parte, ayudaron e hicieron que pueda lograr estar en estas instancias, Mayco Sieber, Patricio Ruiz Tamagnini, Alex Riachi, Rodrigo Díaz.

A todos, muchas gracias.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

## ÍNDICE

1	Agradecimientos .....	1
2	Resumen.....	5
3	Introducción .....	7
3.1	Generalidades de la Práctica Supervisada .....	7
3.2	Generalidades del Proyecto .....	8
3.2.1	Ubicación de la obra.....	10
3.2.2	Objeto de la obra.....	11
3.2.3	Características .....	14
3.2.4	Especificaciones técnicas .....	15
4	Tareas Realizadas .....	16
4.1	Detalles.....	17
4.1.1	Relevamientos de servicios públicos y privados .....	17
4.1.2	Replanteo de Pilotes y Muros .....	20
	.....	23
	Figura13: Control de posición del punto y colocación de armadura de pilote .....	23
4.1.3	Replanteo de Ductos de Agua (Caño $\Phi$ 500).....	30
4.1.4	Replanteo de Ductos de Agua (Caño $\Phi$ 700).....	33
4.1.5	Sistema de Apoyo para Replanteo de Desagüe .....	36
4.1.6	Sifón Invertido .....	37
4.2	Instrumentos Utilizados .....	40
4.2.1	Descripción del Instrumento Utilizado.....	40
4.2.2	Estación Total .....	40
4.2.3	Nivel.....	45
5	Marco Teórico .....	50
5.1	Concepto de Topografía .....	50
5.2	Sistema de Apoyo.....	52
5.2.1	Sistema de referencia.....	53
5.2.2	Marco de referencia .....	60
5.3	Sistema de Apoyo en Obras Viales.....	61
5.3.1	Diseño.....	61
5.3.2	Sistema y marco de referencia vertical .....	62
5.3.3	Sistema y marco de referencia horizontal .....	63
5.4	Sistema de Apoyo Existente en Obra (de Pliego) .....	64

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

5.5	Sistema Generado .....	65
5.6	Metodología de Medición .....	66
5.6.1	Planimetría .....	66
5.6.2	Altimetría.....	72
6	Conclusiones .....	78
7	Bibliografía .....	79
8	ANEXO .....	7-80
8.1	PLANILLA TELECOM.....	7-80
8.2	PLANILLA PILOTES .....	7-81

## **2 Resumen**

Como en todo el mundo, los proyectos ingenieriles de cualquier índole son necesarios para la solución a un problema o necesidad conforme al desarrollo mismo de la humanidad. Este desarrollo debe realizarse de una manera sustentable y económica, efectivizando todo tipo de labor, procesos, recursos y demás factores factibles de ser modificados para su optimización, minimizando de esta manera los efectos que dicho proyecto cause sobre el medio ambiente circundante. Parte de esta eficiencia hace a la calidad y exactitud con la que deben realizarse dichos trabajos y procesos que definen el proyecto en sí.

Una de las tareas para lograr esa exactitud, es el replanteo topográfico que comienza en el instante mismo que se crea la necesidad de proyectar una obra.

El presente informe consta del desarrollo y puesta en práctica de los trabajos consumados en el marco de las practicas supervisadas, la cual es un requisito necesario para poder terminar los estudios de la carrera Ingeniería Civil y cuyo objetivo principal consta de la incursión y el desempeño en el ambiente laboral de las aplicaciones profesionales de la ingeniería, pudiendo así adquirir experiencia y aplicar todos los conocimientos en la ejecución de un proyecto real, relacionando los conceptos obtenidos a lo largo de todos los años académicos de la carrera realizada en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

En primera instancia se dará un marco de referencia al proyecto, brindando una detallada descripción del mismo, la problemática en sí, la ubicación de la zona de proyecto y una enumeración de los objetivos que se plantean abordar con dicho proyecto.

Se seguirá con una descripción de las tareas realizada, describiendo prácticamente su secuencia e intención y haciendo una breve descripción de todos los instrumentos empleados. Además, se ira ejemplificando esto mediante distintas imágenes de modo de ilustrar y dar una visión simplificada de lo realizado.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

Luego se tratarán a través de un marco teórico y de manera conceptual los temas básicos y necesarios sobre topografía en sí misma y la topografía en obras viales que se lleva a cabo en estos tipos de ejercicios, comenzando desde una introducción sobre el tema y remarcando el porqué de su uso o no uso en la ejecución de la obra.

Finalmente, se brindará una conclusión general de la experiencia vivida en la realización de dicha práctica, teniendo en cuenta tanto los aspectos técnicos como sociales.

### **3 Introducción**

#### **3.1 Generalidades de la Práctica Supervisada**

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

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

### **3.2 Generalidades del Proyecto**

Córdoba es la segunda ciudad con mayor densidad poblacional de Argentina y consecuentemente juega un papel importante en el desarrollo económico y social del país siendo esta un polo importante dentro del mismo, debido a diversos factores como lo son la producción de distintos productos y servicios, la industria, el turismo y con mención destacada, la oferta académica que ofrecen las distintas universidades que la ciudad alberga, es que en gran parte del año la ciudad se encuentra con una importante problemática de tránsito debido al crecimiento poblacional y al excesivo parque automotor.

Estos nudos viales se ven colapsados en las horas pico, generando incrementos en las probabilidades de accidentes y un grado de malestar tanto en los usuarios de las vías como en el entorno que lo rodea, brindando estos nudos un servicio deficitario.

Uno de esos nudos es la conocida Plaza España. Dicha plaza consta de una rotonda a la cual convergen 8 arterias, que conectan tanto la zona sur, sureste y centro-este con el casco céntrico de la ciudad. De estas arterias ingresan y egresan una gran cantidad de vehículos, generando así que frecuentemente nos encontremos con embotellamientos debido a accidentes entre los usuarios o sencilla y principalmente por el colapso en capacidad de la misma debido al incremento en el flujo de tránsito que se ha dado por el crecimiento periférico que ha venido teniendo la ciudad a lo largo de todos estos años, ver figura 1.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA  
ESPAÑA**

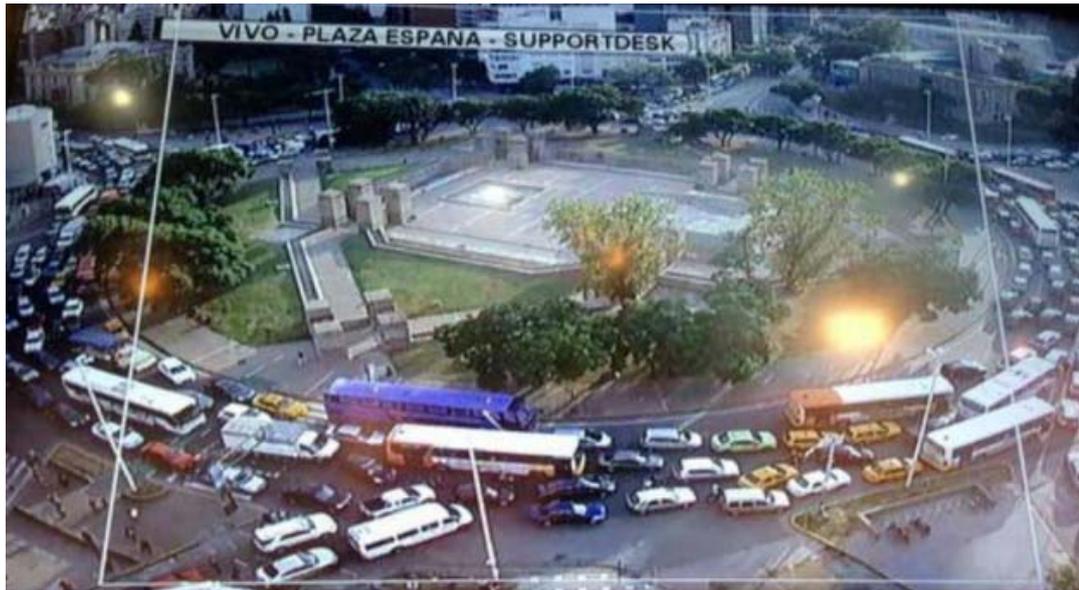


Figura 1 : Plaza España colapsada

Es por esto, que la Municipalidad de Córdoba a través de su intendente, puso en marcha un proyecto para dar solución a esta problemática. Como iniciativa, se realizó un convenio entre dicho ente y profesionales de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de la Universidad Nacional de Córdoba, los cuales deben llevar a cabo el proyecto para licitación de la solución propuesta.

## REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA ESPAÑA ESPAÑA

### 3.2.1 Ubicación de la obra

Como ya se ha hecho mención, la presente Practica Supervisada se realizó en el proyecto para licitación del nudo vial Plaza España en la ciudad de Córdoba, ciudad ubicada en el centro de Argentina, ver figura 2.



Figura 2: Posicionamiento de la ciudad de Córdoba dentro del territorio nacional

Plaza España, se encuentra ubicada en el corazón del barrio Nueva Córdoba, en zona centro de la ciudad, limitando con Ciudad Universitaria y el Parque Sarmiento al sur y sureste respectivamente.

Es un punto muy particular y representativo de la ciudad ya que convergen en el espacio tanto culturales como recreativos; y debido a que es prácticamente el único acceso, o por lo menos el más importante que, como ya se mencionó anteriormente, une una zona sur con zona centro de la ciudad. Da una gran movilidad hacia los distintos barrios, hacia la misma ciudad universitaria y, además, une las rutas desde el oeste y sur del país, hacia las terminales de ómnibus, con el flujo de colectivos tanto urbanos como interurbanos, ver figura 3.

## REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA ESPAÑA

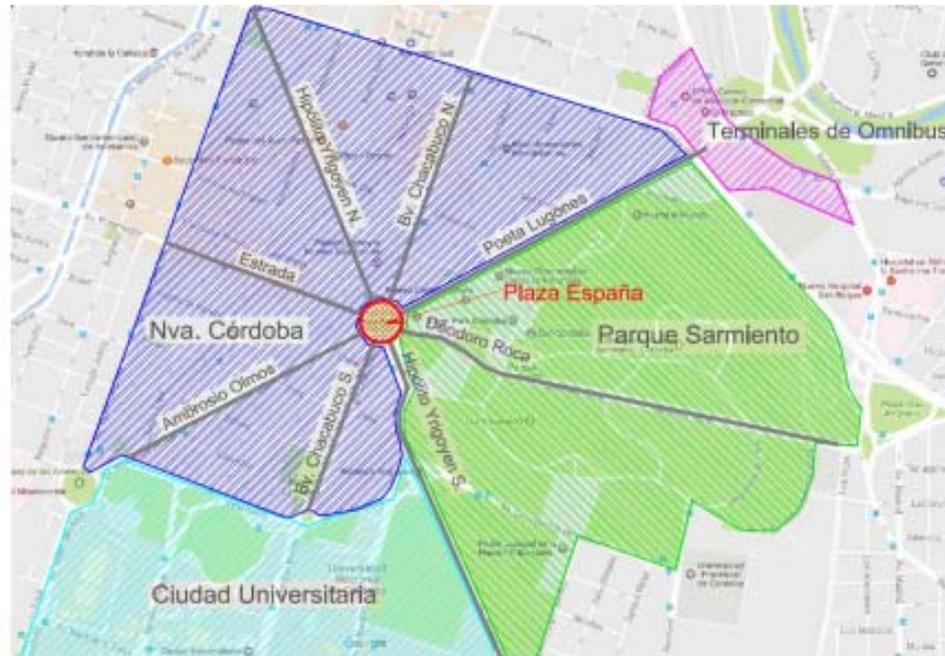


Figura 3: Nudo Vial Plaza España y zonas aledañas

### 3.2.2 Objeto de la obra

Como consecuencia de lo dicho, los nudos a los cuales convergen distintas arterias principales, se ven totalmente colapsados en las horas pico, generados básicamente por el déficit de capacidad de servicio del mismo.

En base a esta problemática y luego de que se plantearan varias ideas para diferentes proyectos que no terminaron llevándose a cabo, se le concedió al Instituto Superior de Ingeniería del Transporte (ISIT) de nuestra facultad la realización de un estudio de tránsito en dicha plaza con el objetivo de analizar los resultados, realizar una modelación de tránsito y concluir en una propuesta factible como solución para dicho problema.

En este estudio, se han medido distintos parámetros necesarios como lo son volúmenes y composición de vehículos, demoras, giros, peatones entre otros, sumados a encuestas de origen-destino realizadas a los conductores de vehículos particulares en los ingresos a la plaza, a fin de saber el porcentaje de vehículos que toma cada una de los distintos ingresos y egresos de la misma, figura 4.

## REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA ESPAÑA

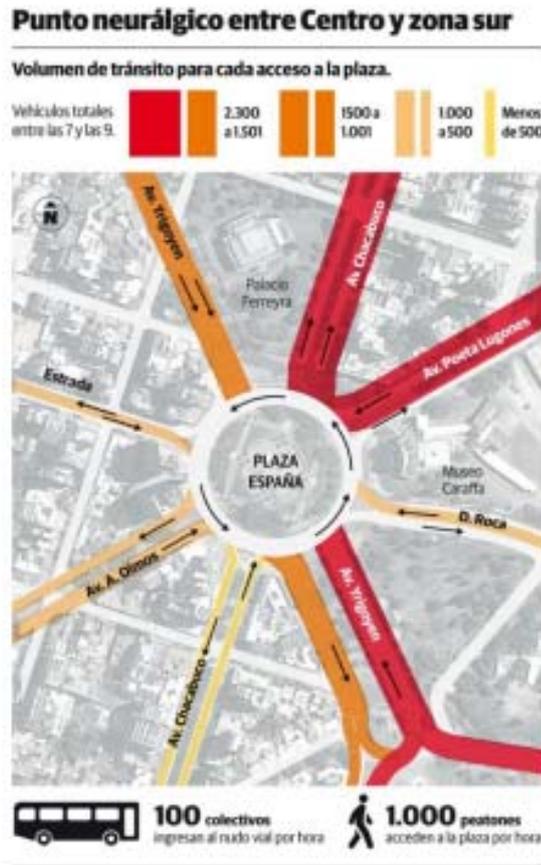


Figura 4: Resultados de los estudios realizados por el ISIT

Desde un principio se barajaba la posibilidad de que la solución sea realizar un viaducto o túnel en los dos sentidos, uno en sentido norte-sur que una las calle Yrigoyen Norte con Yrigoyen Sur y otro, en el sentido sur-norte, que una las calles Yrigoyen Sur con Bv. Chacabuco Norte. Pero como resultado del estudio, se llegó a la conclusión de la realización solo del túnel mencionado en segunda instancia, es decir, el del sentido de circulación sur-norte, ver figura 5 y 6.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA ESPAÑA**

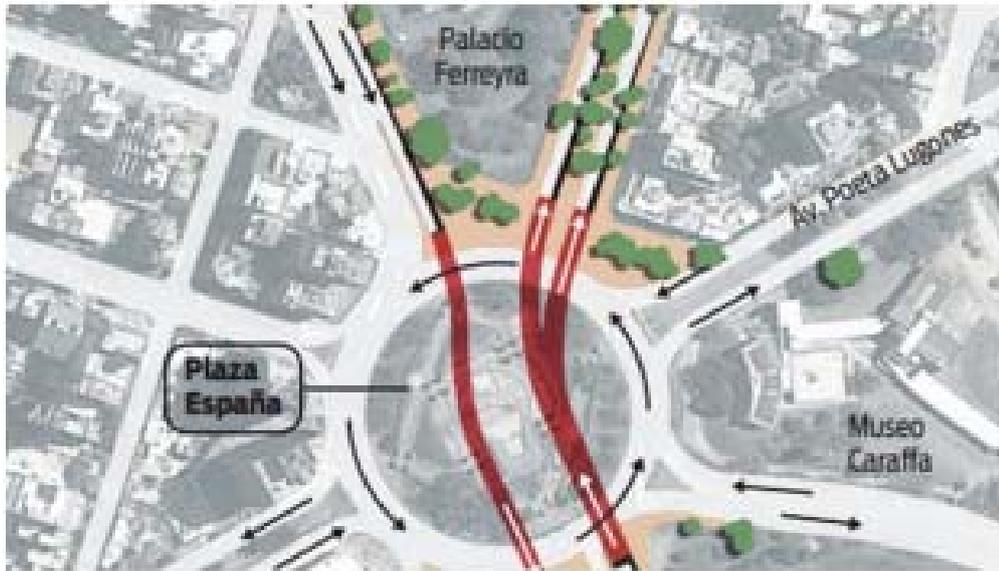


FIGURA 5: Propuesta planteada

**El túnel**

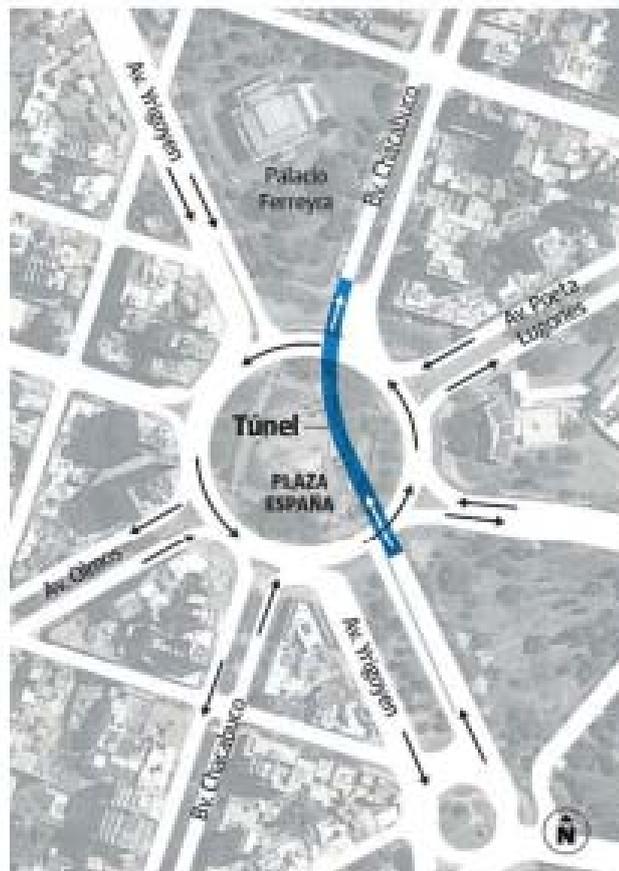


Figura 6: Proyecto a realizar

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA  
ESPAÑA**

**3.2.3 Características**

La ejecución de la obra está dada como una obra vial urbana que consiste en la realización de un *túnel vial bajo nivel Plaza España*, partiendo de un paso bajo nivel en trinchera, un túnel el cual pasa por debajo de la misma plaza, canalizando el flujo de tránsito y emergiendo en rampa, también en trinchera, en la intersección de la calle Derqui y Bv. Chacabuco.

Bajo estas consideraciones, a medida que se han ido planteando alternativas geométricas del viaducto y llegado a un diseño del mismo, se observa que una de las vías alternativas para esquivar la plaza (muchos conductores optan por ingresar al parque por calle Obispo Salguero) se ve afectada ya que se encuentra cortado el paso debido al túnel en la ubicación de la plaza Dean Funes (hoy calle Crisol). Ante esta nueva problemática, se considera la necesidad de realizar la apertura de una calle dentro del Parque Sarmiento, que desemboque directamente a la rotonda de Ciudad Universitaria en la calle Hipolito Yrigoyen Sur.

Además, debido a la distancia en que se da la finalización del túnel y la salida de la rampa del mismo con las velocidades considerables que seguramente egresaran los vehículos, es que se observa la necesidad de impedir el giro hacia la izquierda en la calle Derqui de los vehículos que salen del mismo. Por lo tanto, se analiza la posibilidad de colocar algún elemento físico que impida el movimiento descrito, quedando dicha calle entre Bv. Chacabuco e Ituzaingo, como calle sin salida, de doble sentido para permitir el ingreso a las edificaciones de los vehículos con ingreso desde la calle Ituzaingo.

Así mismo, debido a la depresión en el terreno que lleva aparejado un túnel y asumiendo los ingresos en las rampas como bocas abiertas por cuestiones obvias de ingreso, se necesita diseñar una solución de drenaje interno del túnel.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

**3.2.4 Especificaciones técnicas**

La infraestructura del bajo nivel se resuelve con diversos componentes, en función del sector de obra que se trate:

- En los extremos inicial y final se dispone la construcción de un muro de sostenimiento de hormigón armado, que permite salvar las diferencias de nivel entre la calle actual y el bajo nivel, en el inicio los muros M1, M2 y M3; y M4 (A y B), M5 (A y B) en el tramo final de la construcción, los mismos poseen las siguientes características:

Muro 1 (M1): longitud 15 m.

Muro 2 (M2): longitud 10 m.

Muro 3 (M3): longitud 5 m.

Muro 4 (M4A): longitud 14.56 m.

Muro 4 (M4B): longitud 14.23 m.

Muro 5 (M5A): longitud 14.21 m.

Muro 5 (M5B): longitud 14.21 m.

- Sector de trincheras con pantallas de hormigón, con descargas sobre pilotes excavados, en cada tramo tanto de ingreso y egreso se tienen pilotes tipo P1, P2, P3, P4, con las siguientes características:

Pilote P1: 182 pilotes →  $\Phi 0.80$  ; L=14.20 m.

Pilote P2: 25 pilotes →  $\Phi 0.80$  ; L=14.20 m.

Pilote P3: 60 pilotes →  $\Phi 0.80$  ; L=13.20 m.

Pilote P4: 116 pilotes →  $\Phi 0.80$  ; L=12.20 m.

En anexo se pueden observar los planos técnicos representativos y la ortofoto que permite dar un posicionamiento de la nueva traza sobre la ya existente, como para entender la magnitud del área involucrada y los sectores a intervenir.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA  
ESPAÑA**

#### **4 Tareas Realizadas**

Se sucedió en la realización de replanteo tanto de los pilotes y muros que corresponden a lo que sería el acceso al túnel bajo nivel por zona Hipólito Yrigoyen Sur, los pilotes que comprenden la ubicación en Plaza España y aquellos pilotes ubicados en la parte emergente, zona Bv. Chacabuco. Así mismo se realizaron los replanteos para las líneas de agua de la red de agua potable de la empresa Aguas Cordobesa, conductos de 500 y 700 mm de diámetro que atraviesan Plaza España, y el replanteo de pilotes para lo que serían las galerías y cámaras que comprenden la estructura de toda la obra hidráulica recién mencionada.

Teniendo en cuenta que el replanteo de la obra se debe realizar previa consulta a los planos de instalaciones existentes tales como Gas, Telecom, Aguas Cordobesas, EPEC, etc. con el objeto de determinar la ubicación y dimensiones de las mismas.

Para esto se lleva a cabo la ejecución de sondeos previos para determinar definitivamente la existencia de instalaciones indicadas en los planos u otras no indicadas. Estos sondeos fueron realizados de manera previa por cuenta de la Contratista (Afema).

Es por ello que se realizaron relevamientos de los servicios existentes en la zona de ejecución de obra de manera tal de hacer los ajustes necesarios para poder ejecutar la obra y seguir con la misma a ritmo constante en la medida que sea posible hacerlo, tanto el movimiento de suelos, carpetas de rodamiento y elementos estructurales llevan a que las tareas mencionadas anteriormente se realicen de manera reiterativa, debido a que la misma actividad en campo de todos los operarios y los equipos hacen que cualquier abalizamiento y punto señalizado sea levantado, no por actitud de mala fe, sino por el hecho mismo del desarrollo de la obra.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA  
ESPAÑA**

#### **4.1 Detalles**

A continuación, se realizará una breve descripción de todas las actividades desarrolladas, tanto de gabinete como en obra, a lo largo de la práctica supervisada.

##### **4.1.1 Relevamientos de servicios públicos y privados**

En base a lo apartado en el siguiente capítulo partimos del hecho de que para poder llevar a cabo dicha operación de relevamientos en primera instancia lo que se debe hacer es recurrir a toda la información disponible de posicionamiento y detalle de las características de las diferentes instalaciones, tanto públicas como privadas. Bajo este concepto se parte desde una información secundaria (todo informe, plano, documento ya existente), luego se hace bajo sondeos, un relevamiento de todos los puntos de interés, en este caso líneas de servicio público y privado, para luego ser replanteados en obra de manera tal que no interfiera con la ejecución del proyecto a ejecutar (Túnel bajo nivel Plaza España), realizar el ante proyecto, una vez aprobada esta instancia se pasa a un replanteo del anteproyecto y al relevamiento para el conforme a obra.

Teniendo en cuenta estas premisas preliminares se procederá a describir el caso particular de la línea de servicio de la empresa Telecom.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

**4.1.1.1 Telecom**

Habiéndose realizado de manera previa los sondeos correspondientes se pudo obtener la dirección, progresiva y la cota (altura por debajo del nivel de terreno natural) a la que se encontraba la línea de teléfono de la empresa.

La misma atravesaba perpendicularmente sobre la traza del camino, pero se debía conocer si la cota de la misma interferiría con la ejecución de algún ítem de la obra en sí, por lo que se procedió a evaluar esta posibilidad.

En función de los planos de altimetría de pliego se controlaron los puntos de fundación de cada muro (M1, M2 y M3), teniendo en cuenta los valores de relleno de material granular, bajo esta consideración se pudo observar que la línea de servicio interfería sobre la ejecución de los muros (M3), ver planilla en anexo, y atravesaba tanto los muros como por encima de la rasante, inadmisibles, por lo que el accionar sobre esta línea de servicio fue de relevancia para poder seguir con la realización de la obra.

Lo que se hizo fue, generar dos cámaras de inspección de cada lado, por la cual pasaría la línea, y se desviaría la trayectoria del cable de forma tal de que pasara siempre por debajo de la rasante. De esta manera lo que se hizo fue determinar los puntos de la trayectoria del cable con la utilización de la estación total se replantearon esos puntos de manera tal de que pueda materializarse la trayectoria misma de la línea de servicio y que sea coincidente con la planificada, a su vez como el desvío mismo implicaba variaciones en los puntos con respecto a la rasante, teniendo en cuenta los valores de la planilla mencionada anteriormente se procede a determinar las cotas de excavación, esto se logra con la utilización del nivel óptico, tomamos cota del nivel de terreno y en función de la diferencia de cota de la planilla se procede a excavar, ver figuras 7 y 8.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**



Figura 7: Extensiones de cables de Telecom



Figura 8: Cámara de inspección

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

**4.1.2 Replanteo de Pilotes y Muros**

En primer lugar, lo que se realizó fue una verificación de los valores de cota necesarios para cada pilote y muro, esto se realizó mediante el control de progresiva de cada pilote proyectada sobre el eje de la traza, se hace de esta manera dado que al ser la traza curvilínea la posición de los pilotes pares con respecto de los impares difiere por curvatura de arco, los pilotes posicionados en un radio mayor se encuentran distanciados una menor longitud que los que se encuentran en un radio menor, por longitud de arco en la proyección a la traza. Una vez determinada la progresiva de cada pilote se corrobora la cota del mismo, también controlando desde los planos de pliego, ver planilla en anexo.

El porqué de esto es para poder replantear los mismo en obra cumpliendo con las distancias especificadas y controlando las cotas de los pelos y cota de fundación de los pilotes, de manera de que queden perfectamente alineados, debido a que luego cada pilote en su cabezal tendría vigas de vinculación y, en la zona cubierta, dos vigas apoyadas sobre los mismos en toda la zona de túnel que hacen de base de apoyo de la losa que genera el túnel; y una falla en los posicionamientos longitudinales como en la altimetría podría inferir a alguna posible falla en el funcionamiento estructural y sobre todo, en la zona de túnel, una mala posición tanto longitudinal como en altura haría de apoyos desnivelados sobre la losa alveolar a colocar luego, ver planos en anexo.

En obra lo que se hizo fue, una vez determinados los puntos con su correspondiente coordenada y pasadas a la estación total, replantear los pilotes, esto se realizó de la siguiente manera y en la siguiente secuencia;

En primer lugar, se estacionaba en un punto conocido con cota conocida, ver figura 9, se arrumbaba hacia algún punto conocido para determinar la corrección y configuración de la estación total.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA  
ESPAÑA**



Figura 9: Punto fijo de cota conocida

Una vez controlado el perfecto estacionamiento del instrumento (se admitía como error máximo tolerable 1 cm), se procedía con el replanteo de los pilotes, se buscaba el pilote en el instrumento y se arrumbaba hacia la posición del mismo, se gira la alidada hasta el rumbo  $0^{\circ}00'0''$ , el ayudante con el prisma se coloca en la línea que apunta la estación total y con la misma se toma la lectura, el instrumento nos dice cuanto más o menos alejado estamos del punto pero siempre sobre la línea, este control se realiza con la mira óptica, chequeando que la punta del jalón del prisma coincida con la línea hacia donde se arrumba.

Todos estos pasos se hacen con ayuda de radios o handies dado que el mismo movimiento interno de la obra de los trabajadores y equipos hacen dificultosa la comunicación directa por voz. Ya detectado el punto del eje del pilote se procede a materializar el punto con la colocación de estacas, luego de haber colocado la estaca se controla la verticalidad del mismo, de manera tal que refleje la posición exacta del eje del pilote, ya que la pilotera actúa sobre el eje de la estaca para comenzar a excavar por lo que el error era admisible al milímetro.

Luego se toma lectura del terreno natural, esta lectura nos da la cota del terreno natural y restada con la altura del pilote, nos proporciona la cota de fundación que se dará como dato a los operarios de la pilotera, ver figuras 10, 11, 12 y 13.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**



Figura 10: replanteo de pilote con estacion total

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**



Figura11: replanteo del punto



Figura12: Materialización



Figura13: Control de posición del punto y colocación de armadura de pilote



## REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA ESPAÑA

Toda esta mecánica de replanteo se hace con el intercalado de pilotes, es decir, no se replantean los pilotes a cavar de manera consecutiva sino dejando un pilote sin excavar de por medio, debido a que, por el efecto del trabajo de la pilotera, se puede generar empujes laterales que lleven al colapso de las excavaciones ya realizadas, tapando las mismas.

Una vez colocadas las armaduras lo que se hace es controlar las alturas de los pelos, ver figura 14, esto se logra con la utilización del nivel óptico y tomando lectura de la armadura del pilote, colocando la regla en aquellos pelos que estén más próximos a la superficie del terreno natural, se debe checkear que las cotas sean las mismas que las de la planilla, de modo que se van controlando y se va subiendo o bajando la armadura de manera tal que coincida con la cota antes mencionada.



Figura 14: Pelos del pilote

## **REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA ESPAÑA**

En seguida de realizado todo esto se procede al volcado del hormigón sobre las excavaciones y las armaduras colocadas, ver figuras 15, 16 17 y 18.



Figura 15: Colado del hormigón en las perforaciones.

Luego de fraguado el mismo se sigue con la etapa de descubrir los pilotes, desmochar para así dejarlos listos para la colocación del hormigón de limpieza y luego sobre este se colocarán las vigas principales.



Figura 16: Descubrimiento de pilotes

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA  
ESPAÑA**



Figura 17: Desmoche, se rompe el hormigón hasta dejar expuestos los pelos



Figura 18: Pelos descubiertos con hormigón de limpieza

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

Cabe mencionar que una vez que los pelos de los pilotes quedan expuestos se aprecia un cierto desnivel en los mismos, esto se debe a una acción física del empuje del hormigón sobre la armadura del pilote, ver figura 19, 20, 21 y 22.



Figuras 19 y 20: Reflejo del empuje sobre la armadura.



Figura 21: Armadura de viga principal

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**



Figura 22: Colado y hormigonado de las vigas principales

En cuanto a los muros, la mecánica es la misma que la mencionada para los pilotes, con la única diferencia que a lo largo de su desarrollo longitudinal no presenta variaciones en su fundación, por lo que resulta más simple su replanteo y su ejecución. Pero la mecánica es básicamente la misma, más allá de que lo que me tocó realizar en este ítem fue solamente el replantear la ubicación de los muros sin necesidad de determinar cota de fundación, ver figuras 23.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA  
ESPAÑA**

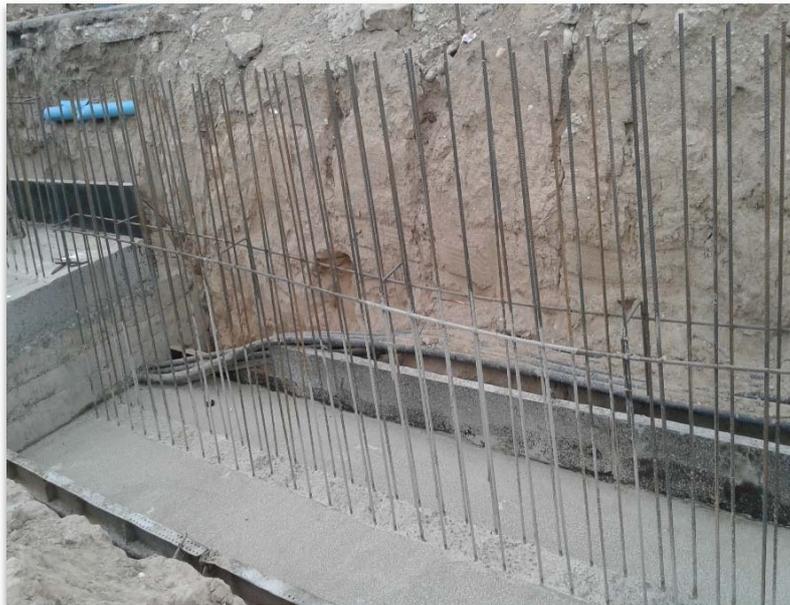


Figura 23: construcción de muros M1, M2 y M3

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA  
ESPAÑA**

**4.1.3 Replanteo de Ductos de Agua (Caño  $\Phi$ 500)**

Así mismo, además de replantear los pilotes y los muros, se hizo un replanteo de un caño de agua de 500 mm de diámetro en plaza España, ver figura 24, el cual debía ser desviado por lo que era necesario el replanteo del mismo para que el mismo no interfiriera con la obra ejecutada tanto la del túnel como la de arquitectura.



Figura 24: caño de agua de 500 mm de diámetro

Debido a que básicamente lo que se tenía que hacer era un empalme de la obra nueva con la existente, no fue necesario mucho desarrollo, conocido los puntos iniciales y finales se replantearon los puntos del eje del caño de 500 mm en su nueva posición.

Se partió de un punto conocido y se replantearon los puntos bases del eje del ducto, esto se realizó con la misma mecánica que en el replanteo de pilotes, se traza la línea de referencia con la estación total y se posiciona el prisma de manera que nos permita determinar la proximidad con la línea de referencia, una vez posicionada sobre esta se clava el prisma y se materializa el punto.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

Se materializaron todos los puntos con estacas y a su vez se materializo todo el eje del caño en la nueva ubicación con cal de manera tal de identificar bien la zona de excavación, en esta actividad como la trayectoria era una recta, el único punto de relevancia eran los de inicio, final y un punto de quiebre.

Eso con respecto al replanteo, ya tenido el eje de referencia, se procede a darle la profundidad de excavación, esto se hace con la utilización del nivel óptico, conocida la cota del empalme inicial y final se excava de manera tal que permita tener la base de asiento granular y de manera tal de poder ajustar esa base de asiento a la pendiente que debe tener el ducto, ver figura 25.



Figura 25: Compactación de la base granular.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

Por encima de esta base granular se colocó el nuevo caño de PRFV de 500 mm de diámetro que luego se tapa con el mismo material granular utilizado de base, se tuvo que tener en cuenta el cuidado del punto de quiebre, de manera que este fue cubierto en una estructura de protección de hormigón armado, ver figura 26, 27.



Figura 26: tapada de caño de 500 mm



Figura 27: Quiebre de ducto, detalle de armadura y protección.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

**4.1.4 Replanteo de Ductos de Agua (Caño  $\Phi$ 700)**

En esta ocasión lo que se realizó fue replantear los puntos por los cuales pasaría el eje del caño de agua de 700 mm de diámetro, el mismo circularía de manera paralela al del caño de 500 mm mencionado anteriormente, pero debido a la capacidad y dimensión del mismo se tuvieron que tener mayores recaudos, ya que el mismo debía pasar por debajo de un caño ya existente.

Bajo estas consideraciones se sucedió la realización del replanteo de los puntos, partiendo de un punto conocido se estaciona y se replantean los puntos del eje del caño, bajo el mismo procedimiento mencionado en la actividad anterior, tomando lectura del prisma y viendo cuán lejos estoy sobre la línea de referencia que representa al eje del caño de 700 mm, una vez colocado el prisma sobre el eje se clava y se materializa el punto con estacas, así mismo, como anteriormente se realizó una línea de cal que reflejase todo la línea y la dirección del eje del ducto.

Ya realizado el replanteo y excavada la zanja, se tomaron lectura de las cotas, debido a que el caño de 700 mm debía pasar por debajo de una obra existente y sabiendo las dimensiones de la misma, se tomó lectura de cota de un punto conocido, se dio cota en función de este al lomo del caño, ver figura 28.



Figura 28: Caño existente con lomo acotado

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA  
ESPAÑA**

Teniendo la cota del lomo del caño existente, sabiendo las dimensiones del mismo, las dimensiones del caño nuevo de 700 mm y el espesor de la base granular, se procede a dar cota a la profundidad de excavación, con ayuda del nivel óptico y la regla, ver figura 29.



Figura 29: se toma lectura de cota de la base de zanja de ducto del caño de 700 mm

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

Una vez realizada la excavación de la zanja con ayuda de una cinta, se fueron tirando puntos cada 10 metros, estos puntos son los que determinarían la posición del espesor de la base granular compactada en la cual se posicionaría el caño de 700, respetando siempre las pendientes especificadas por plano, ver figura 30.



Figura 30: materialización de los puntos para determinar base de asiento.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA  
ESPAÑA**

**4.1.5 Sistema de Apoyo para Replanteo de Desagüe**

En la parte más baja del túnel se sitúa el sistema de desagüe que seguirá la traza de lo que es Av. Hipólito Yrigoyen, hasta el cruce de calle Buenos Aires, bajo esta condición y siguiendo los planos planialtimetricos del sistema de desagüe, ver planos anexos, se procedió con la actividad de desarrollar un sistema de apoyo.

Se realizó un sistema de apoyo el cual permitirá resolver toda la actividad de desagüe de forma más rápida y eficiente, se posicionaron los puntos a la vera de la bicisenda existente sobre la Av. Hipólito Yrigoyen los cuales se utilizarían de base para todo lo que sería el replanteo de la obra de desagüe del túnel de bajo nivel de plaza España.

A través de un punto conocido en las inmediaciones de lo que es el centro cultural Palacio Ferreyra y con la ayuda de la estación total, se estaciono el instrumento, se lo configuro, y se procedió con la toma de puntos que se usarían de apoyo.

Esto se logra, colocando el prisma en una posición particular a lo largo del desarrollo de lo que sería la obra en sí, la ubicación del punto (donde se coloca el prisma) debe ser tal que permita una visual limpia, es decir, sin obstrucciones entre un punto y otro, ya que estos serían los puntos fijos que como se mencionó serían de apoyo para el replanteo mismo.

Una vez designada la ubicación del punto, se coloca el prisma, se toma lectura con la estación total y se guardan los datos, con la referencia de PF (Punto Fijo), se hizo esto desde Palacio Ferreyra hasta la calle Buenos Aires e Hipólito Yrigoyen.

De esta manera se genera un polígono abierto sin control planimétrico, pero controlando con nivel óptico con nivelación de precisión en cada punto en ida y vuelta con distancias iguales de atrás y adelante, admitiendo un cierre final de 2mm como error de tolerancia.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

**4.1.6 Sifón Invertido**

En una primera instancia lo que se hizo fue determinar la plataforma para el empleo de unas vigas metálicas, las cuales serían de base para colocar el elemento que se destinaría de grúa para levantar el caño de 700 el cual atraviesa justo por la traza del túnel y el que se ajustaría con un sifón invertido de manera de que no interfiera con la ejecución del túnel, ver figura 31.



Figura 31: caño de 700 mm

La plataforma de base se realizó con la utilización del nivel óptico y tomando lectura de la regla sin necesidad de tomar lectura sobre cota de ningún punto fijo con valores conocidos, sino que directamente se tomó lectura y se buscó la forma de que todas las magnitudes sean del mismo valor. Esto es, se parte de un punto de uno de los lados de apoyo de las vigas, ver figura 32, se toma lectura y luego se toma de los demás puntos buscando llegar a la misma lectura del punto anterior, esto se materializaba con estacas y se las colocaba a una altura tal que dieran los cuatro puntos el mismo nivel.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**



Figura 32: Puntos que se usarían de base para las vigas

Como a medida se iban haciendo todos los procedimientos para llevar al cabo el desvío del ducto a través del sifón invertido se fueron encontrando diferentes obstáculos, uno de los cuales fue la profundidad a la cual se iba a hacer el sifón, la misma era de tal magnitud que impediría el desarrollo de la función de la obra hidráulica, ver figura 33.



Figura 33: excavación para el sifón invertido

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

En función de esta imposibilidad hidráulica se optó por hacer un sifón común, el cual, en cada punto, inicio y final, se haría una galería de inspección y cuyos pesos de las mismas descargarían sobre fundaciones profundas, por lo que se tuvo que replantear los pilotes en los cuales descargarían las acciones de la galería.

Se cargaron los puntos en la estación total y de la misma manera que se replantearon los pilotes y muros mencionados anteriormente se ejecutó el replanteo de los pilotes de las galerías. Con la única diferencia que se hizo a estación libre, esto es, colocar el instrumento en un punto arbitrario y configurar la estación arrumbando hacia dos puntos fijos conocidos de manera tal de caracterizar el punto libre y poder trabajar con el mismo. Esta operación se hace cuando existe mucha actividad en todo el entorno de la obra, y la posibilidad de visualización desde puntos fijos se dificulta.

Entonces una vez posicionado y configurado el instrumento se procede a replantear, colocando el prisma sobre el eje y midiendo las distancias al punto, buscando la posición exacta del mismo con un error admisible al milímetro, ver figura 34.



Figura 34: Pilotes galería de la obra hidráulica del caño de 700 mm.

## REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA ESPAÑA

### 4.2 Instrumentos Utilizados

Dentro de lo que refiere al equipamiento utilizado para poder realizar todas las actividades anteriormente planteadas, tenemos que, para toda la parte de desarrollo de replanteos se usó instrumentación de medición electrónica (estación total), con prisma de reflexión y trípode; y para aquellas tareas de nivelación altimétrica se utilizó un nivel óptico con su respectiva regla telescópica y trípode.

#### 4.2.1 Descripción del Instrumento Utilizado

A continuación, se procederá a hacer una breve descripción técnica de los distintos aparatos utilizados.

#### 4.2.2 Estación Total

La estación total que se usó en todo el desarrollo de la presente practica aquí mencionada es una Estación Total Runco producida en Japón por el grupo NIKON/TRIMBLE, se trata de la última generación de estaciones totales, de tamaño compacto y liviano, aptas para medición con y sin prismas, ver figura 35.



Figura 35: Estación Total Nikon XF Runco

La estación trae pre-instalado el software *Survey Pro*, que permite un uso completo para tareas de agrimensura, ingeniería y topografía en general. De muy fácil uso y aprendizaje dado su interfaz Windows y su organización mediante íconos gráficos.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

Entre sus principales características se encuentra: capacidad de importar y exportar a formatos .txt, .csv y .dxf (activo con función OSNAP), de forma directa y sin necesidad de conexión a PC.

Permite generar y replantear modelos digitales del terreno. Replanteo de puntos, líneas y arcos. Generación y replanteo de carreteras (eje 2D, rasante, perfiles tipo y taludes).

**4.2.2.1 Especificaciones técnicas de la estación total**

- Autoenfoco que posibilita un enfoque rápido y preciso.
- Pantallas táctiles a color, que permiten ejecutar *Survey Basic*, *Survey Pro* y *Layout Pro*.
- Ópticas superiores para una visión nítida y brillante hasta en condiciones de baja iluminación.
- Compatibilidad con Trimble L2P para un seguimiento sencillo y eficaz; así siempre tendrá sus equipos localizados.

**Medida de distancia**

- Alcance con prismas especificados - Buenas condiciones<sup>1</sup> - Con hoja reflectante de 5 x 5 cm: 1,5 a 300 m - Con único prisma de 6,25 cm: 1,5 m a 5.000 m
- Modo sin prisma: - Tarjeta de grises Kodak (18%)
  - Buenas condiciones: 400 m
  - Condiciones normales: 300 m
  - Condiciones difíciles: 235 m- Tarjeta de grises Kodak (90%)
  - Buenas condiciones<sup>1</sup>: 800 m
  - Condiciones normales: 500 m
  - Condiciones difíciles: 250 m
- Precisión en el modo preciso: - Prisma:  $\pm(2+2 \text{ ppm} \times D)$  mm
  - S/prisma:  $\pm(3+2 \text{ ppm} \times D)$  mm
- Intervalo de medición: - Modo con y sin prisma
  - Modo de precisión: 1,0 s
  - Modo normal: 0,5 s
  - Modo rápido: 0,3 s

### Medición de ángulo

- Precisión:  
(Desviación estándar basada en ISO 17123-3): 1" (0,3 mgon), 2" (0,6 mgon) 3" (1,0 mgon), 5" (1,5 mgon)
- Sistema de lectura: Encoder absoluto
- Diámetro de círculo: 62 mm
- Ángulo horizontal/vertical: Diametral/único

#### *4.2.2.2 Utilización de una estación total*

El uso correcto de una estación total requiere seguir unos pasos sencillos y rápidos que se pueden resumir en los siguientes:

#### - Puesta a punto de la estación

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

#### - Montaje

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

Antes de seguir adelante debemos verificar que:

- El trípode quede perfectamente estable y firme. Esto es importante para garantizar que el instrumento no se inclinará mientras se realiza el proceso de nivelación.
- La conexión entre la estación total y el trípode sea segura.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

**4.2.2.3**      *Verificación y corrección de niveles*

Se debe controlar la verticalidad del aparato, esto se logra posicionando el instrumento sobre algún punto fijo previamente definido, luego con el uso de las patas del trípode se procede a centralizar la burbuja del nivel esférico, una vez centrada la burbuja, se procede a la horizontalización a través del uso de los tornillos de nivelación y guiándonos con la burbuja que se ve reflejada en la pantalla de la estación total, llevando los valores de inclinación a cero, en este caso por el grado de error que presenta el instrumento, la horizontalización se logra con un valor de 5° de centralización de los niveles tubulares presentados en el instrumento de manera digital.

Luego se procede a configurar la estación, esto se hace a través de los puntos fijos existente ya materializados con rumbos, distancias y cotas conocidas, se posiciona el prisma sobre el punto fijo cercano a la estación total y se procede a tomar lectura, de aquí se toman dos lecturas: la distancia horizontal, la distancia vertical. Para cualquiera de las dos distancias las diferencias que debe arrojar con respecto a los valores cargados que tiene el equipo es de +- 1cm, ya que para este caso particular de la obra que se está realizando los niveles de precisión y exactitud que se requieren son muy altas.

En los casos en los que los valores reflejados por el instrumento no se encuentren dentro de la tolerancia se procede a corregir, esto se hace de dos maneras, primero se controla que no se haya corrido el instrumento a través de la burbuja de nivel y se controla esto a través de la plomada óptica, en el caso de estar aplomada y la burbuja de nivel no nivelada, se corrige de nuevo con los tornillos niveladores, en el caso de estar ambos fuera de lugar, se debe estacionar nuevamente la estación, ver figura 36.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**



Figura 36: Estación total en obra

**4.2.2.4** *Consejos útiles*

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

- El instrumento siempre deben transportarse dentro de su maletín para evitar daños.
- Se debe asegurar que la base del trípode y la base de la estación no presenten ninguna suciedad.
- Se debe asegurar siempre de cerrar el maletín una vez que el aparato es sacado del mismo, para evitar que entre cualquier elemento que pueda dañar o ensuciar el equipo.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

- Cuando se guarde la estación total dentro del maletín se debe asegurar de que no estén las trabas de los movimientos verticales y horizontales puestos.

**4.2.3 Nivel**

El instrumento utilizado en toda actividad de medición altimétrica fue un nivel óptico, de los mismo que fueron utilizados en el dictado de la materia de topografía II. Este es un instrumento que tiene como finalidad la medición de desniveles entre puntos que se hallan a distintas alturas o el traslado de cotas de un punto conocido a otro desconocido.

**4.2.3.1 Partes de un nivel**

A continuación, se describirán el equipo mencionado, y se ilustrara con imágenes las partes componentes del mismo, ver figura 37.



Figura 37: Nivel óptico y partes componentes

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA  
ESPAÑA**

- **Objetivo:** Contiene las lentes que magnifican los objetos enfocados. Botón de enfoque: Permite visualizar los objetos con claridad y nitidez. Ocular: Situado en el otro extremo del objetivo, se puede girar para enfocar la cruz reticular.
- **Nivel circular:** Asegura que el instrumento se encuentre en un punto de nivel verdadero.
- **Tornillos de nivelación:** Permiten efectuar ajustes para asegurar la nivelación del instrumento.
- **Círculo horizontal:** Marcado en grados, se usa para el ajuste y la lectura de ángulos horizontales
- **Tornillo de ajuste horizontal:** Se puede ajustar para que el instrumento se desplace hacia la izquierda o derecha en la placa base.
- **Placa base:** Pieza por la cual el nivel óptico se conecta a un trípode.
- **Compensador:** Es un sistema de prismas suspendido sobre alambres finos que funcionan según el principio del péndulo bajo acción de la gravedad o del magnetismo, dependiendo del modelo. Las longitudes de los alambres y las posiciones de los puntos de suspensión están definidas de forma que los rayos de luz que el sistema de prismas envía a los hilos de la cruz reticular sean rayos horizontales.

Como se mencionó anteriormente con respecto al uso de la estación total, el uso correcto de un nivel óptico automático también requiere seguir unos pasos sencillos y rápidos que se pueden resumir en los siguientes:

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

- Puesta a punto del nivel

Asegurarse de que contamos con el trípode apropiado, es decir, que la rosca del trípode coincida con el elemento de fijación a trípodes que posee el aparato.

- Montaje del nivel óptico

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

Debemos verificar que:

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

**4.2.3.2 Utilización del nivel óptico**

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

En la siguiente ilustración, ver Figura 38, se muestran los tornillos de nivelación A, B, C que contiene el instrumento y utilizaremos para corregir las nivelaciones del mismo.

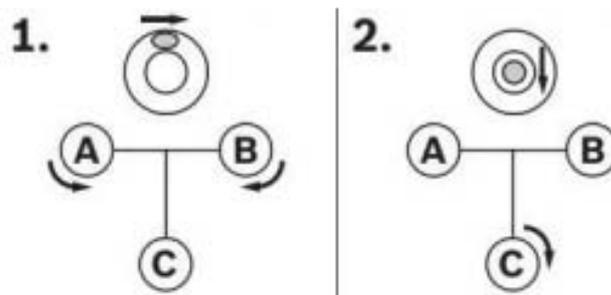


Figura 38: Tornillos de nivelación

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

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

Paso 2: seguidamente, giramos el tornillo C hasta situar la burbuja en el centro del nivel circular.

**4.2.3.3**      *Verificación y corrección de niveles*

Después de haber realizado lo mencionado anteriormente, giramos el nivel 180 grados y comprobamos que la burbuja permanezca centrada; de lo contrario, repetimos los pasos 1 y 2.

Es importante que la burbuja siempre permanezca centrada, ya que, si no, las mediciones serán incorrectas.

**4.2.3.4**      *Consejos útiles*

A continuación, se brindan algunos consejos que conviene seguir:

- Los niveles ópticos siempre deben transportarse dentro de su maletín para evitar daños al compensador, especialmente los modelos que no vienen provistos con botón de bloqueo del compensador.
- Si la distancia es corta, el nivel óptico se puede transportar montado en el trípode, pero siempre y cuando se mantenga en posición vertical.
- Cuando la lente del objetivo no está en uso, debe cubrirse con la tapa correspondiente para evitar daños en el instrumento.
- Nunca debemos enfocar el objetivo directamente hacia el sol.
- Cuando observamos por el objetivo debemos mantener ambos ojos abiertos. Esto impide el cansancio de los ojos y evita que debamos entrecerrarlos.
- La imagen enfocada es más nítida cuando queda comprendida dentro de la cruz reticular; este es el lugar más preciso de la lente.
- El salto de una imagen se llama paralaje. Por eso, cada vez que el nivel óptico se mueve, debemos girar el botón de enfoque hasta eliminar completamente la paralaje.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

- Sólo se logran mediciones precisas y exactas cuando:
  - Los dos tornillos de nivelación se giran al mismo tiempo y velocidad durante el paso de nivelación.
  - El instrumento está nivelado en un radio de 360 grados.
  - Los tornillos de nivelación no están demasiado ajustados. De lo contrario, también puede deformarse la placa base, causando un daño permanente.

## **5 Marco Teórico**

En breve se asignarán todas las actividades mencionadas hasta ahora bajo los aspectos de un marco que permita darle un fundamento más teórico a todo lo desarrollado.

### **5.1 Concepto de Topografía**

Es una rama de la geo ciencia que estudia el conjunto de técnicas y procedimientos, que tienen por objeto: fijar la posición relativa de un punto y su representación gráfica de una porción de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales.

Es también una geo ciencia de la Geometría práctica, que tiene por objeto y fin, la representación de una modelo 3D de la superficie terrestre y la captura de la información que requiere el proyectista. Aplica la geometría, trigonometría, teoría de errores, topometría y dibujo topográfico, y se auxilia de otras ramas de la geo ciencia como son: la Geodesia, Cartografía, Fotogrametría y Batimetría, entre otras.

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.

El campo de la topografía es limitado. Esto se debe a que como la representación de un trabajo topográfico es una proyección sobre un plano auxiliar, se puede decir que el limite a esta representación, sin mayor error, está entre los 25 y 30 km ya que las diferencias entre plano y elipsoide es de 13 cm y 22 cm respectivamente. Para una representación de mayor alcance (como suele ser en obras viales donde esta diferencia puede crecer hasta alrededor de 50 cm), debemos apoyarnos en la Geodesia.

En la topografía el sistema de referencia son las coordenadas planas y el sistema de representación es el plano acotado. Es decir, geometría plana.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

**Geodesia:**

Es la ciencia que se encarga de determinar la forma, dimensiones y diferencias altimétricas de la superficie terrestre. Aquí, el sistema de referencia es el elipsoide y el geoide; y el sistema de representación es el cartográfico, es decir, cálculos geodésicos con la finalidad de la representación curva de la Tierra.

**Elipsoide:**

Es un modelo físico-matemático que representa la forma aproximada de la Tierra, caracterizado por las constantes geométricas “a” (semieje mayor), “f” (aplanamiento), y los parámetros físicos, “ $\omega$ ” (velocidad angular) y “m” (masa) de la tierra.

**Geoide:**

Superficie equipotencial de referencia, hipotéticamente coincidente con el nivel medio del mar en calma, ver figura 39 y 40.

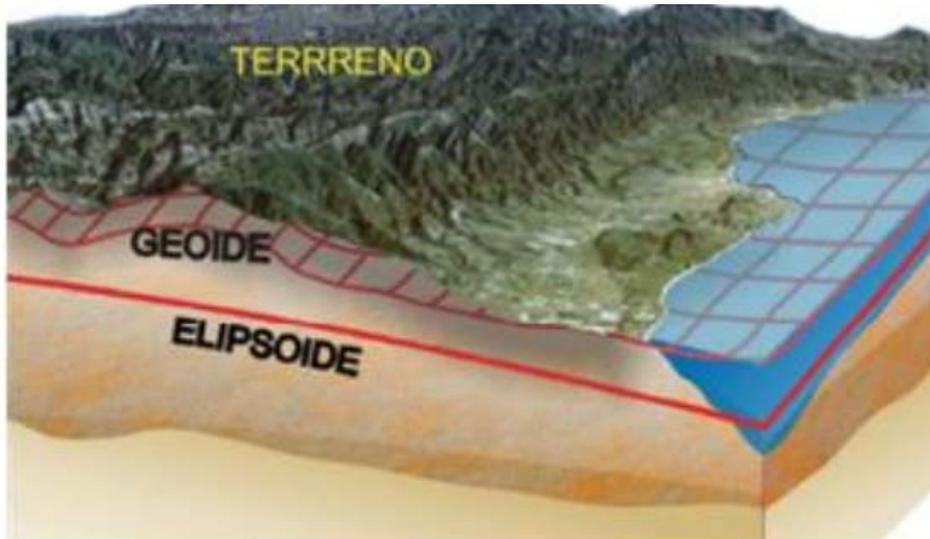


Figura 39: Representación de la superficie terrestre según el geoide y elipsoide

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

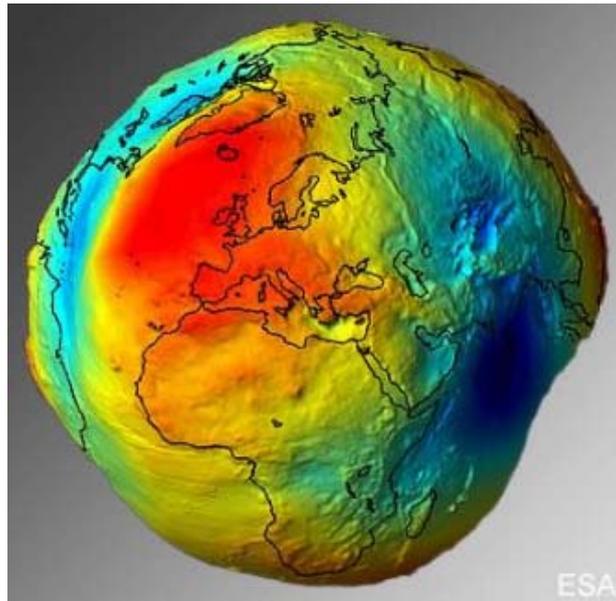


Figura 40: La verdadera forma de la tierra

## **5.2 Sistema de Apoyo**

Como pudimos ver en la mayoría de casos en los distintos proyectos ingenieriles, entre el relevamiento que sirve de base al proyecto y el replanteo de la obra, intervienen diferentes personas que, con posibles distintas metodologías de trabajo y distintos instrumentos de medición, llevaran evidentemente al surgimiento de la posibilidad de cometer errores que deriven en problemas en los sitios de empalme con infraestructura existente y la construcción de la obra tratada. Estos efectos no deseados afectan tanto al resultado final de la obra como al desarrollo de la misma.

La solución a esto, es la materialización y medición de una sólida estructura geométrica que vincule estrechamente el relevamiento original con el replanteo de la obra, con una columna vertebral que la rigidice, a la que se denominara "*Sistema Geométrico 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

## REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA ESPAÑA

entre: Levantamiento Topográfico, Proyecto Ejecutivo y Replanteo de Obra.

Al sistema Geométrico de Apoyo se encuentra conformado por: el Sistema de Referencia y el Marco de Referencia.

### **5.2.1 Sistema de referencia**

Todo punto del sistema de apoyo, necesariamente debe estar referenciado a un sistema de coordenadas o sistema de referencia. Estos sistemas de referencia, se definen a partir de un conjunto de parámetros convencionales y matemáticos que involucran puntos de origen, ejes, superficies fijados a priori que van a marcar las pautas para vincular puntos. Un sistema de referencia en una terna de ejes ordenados, a los cuales se refieren los puntos expresados en un sistema de coordenadas espaciales.

Esta definición es rigurosa pero ideal o abstracta: 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 verdadera forma de la tierra es el geoide, que solo se define físicamente.

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 ( $\phi$ )** y la **Longitud ( $\lambda$ )**.

**LATITUD ( $\phi$ )**: Es la distancia angular que hay entre el punto que nos interesa situar y la línea del ecuador terrestre. Se mide de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , y esta puede ser Latitud Norte si el punto está en el hemisferio Norte, o Latitud Sur si se encuentra éste en el hemisferio Sur.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

**LONGITUD ( $\lambda$ )**: Es el ángulo comprendido entre el plano del meridiano de Greenwich y el plano del meridiano que contiene al punto P, siendo este meridiano de Greenwich, el meridiano cero y origen de los husos horarios. Se mide de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , pudiendo ser Longitud Oeste o Longitud Este, dependiendo de la posición del punto en estudio con respecto al meridiano de origen.

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, ver figura 41.

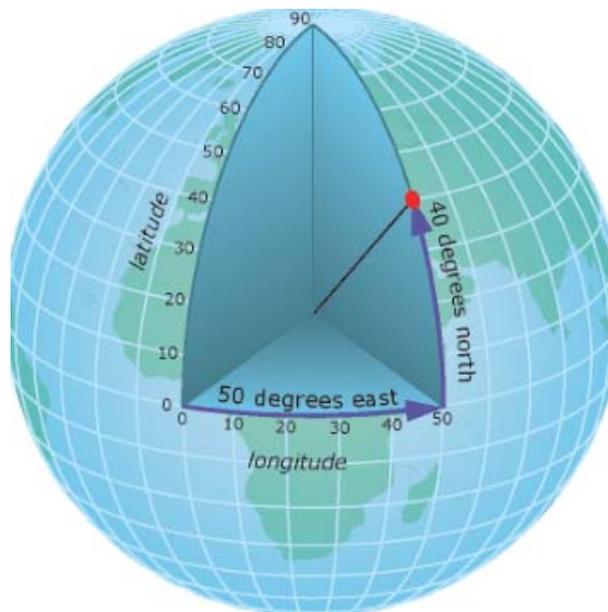


Figura 41: Coordenadas longitudinales y latitudinales

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

Para poder asignar coordenadas geográficas a los diferentes puntos de la superficie terrestre, es necesario “anclar” el elipsoide al geoide mediante un Punto Fundamental en el que el elipsoide y el geoide son tangentes (es el único lugar donde la vertical del elipsoide y geoide son coincidentes, figura 42).

Entonces, mediante este “anclaje” es que queda definido un sistema de coordenadas geodésicas local debido a la elección del elipsoide de referencia y el punto fundamental (Datum) donde se establece su ubicación en relación con la forma física de la tierra.

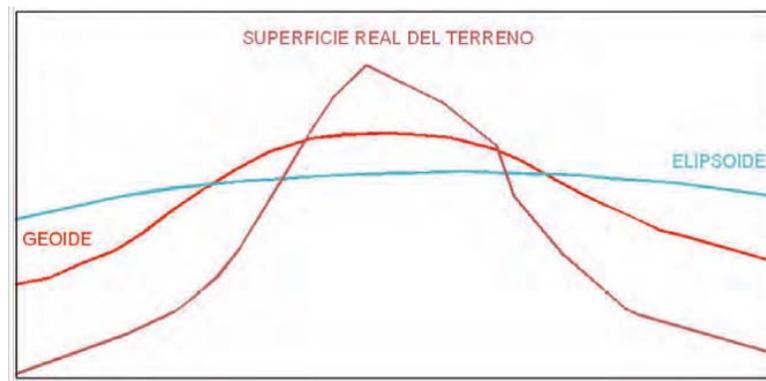


Figura 42: Punto coincidente del geoide y el elipsoide

Teóricamente, cuando el centro geométrico del elipsoide coincide con el geo centro y, su semieje menor se orienta a lo largo de la línea de los polos geográficos Norte-Sur, el elipsoide se ajusta, en promedio, al geoide en todas partes del planeta. Este tipo de elipsoide se denomina “global”.

Debido a las limitaciones propias de las técnicas de medición, la geodesia clásica no ha podido establecer geoides globales, sino que solo se pudieron establecer elipsoides regionales, ajustándose solo en esta región, de una manera razonablemente bien; fuera de esta, el desajuste se da de manera creciente.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

Por lo que se concluye con esto, que cada sistema de referencia geodésico tendrá asociado un elipsoide de revolución que se adapta bien en las inmediaciones del punto datum. Por lo que solo tiene alcance regional, es decir, son relativos y no se pueden vincular entre sí, ver figura 43.

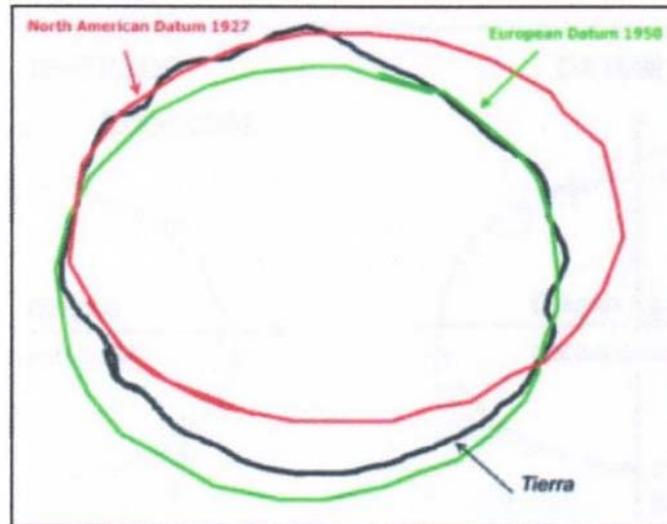


Figura 43: ejemplo de un geoide regional

Este sistema de coordenadas geodésicas posee una serie de cualidades muy importantes, tales como:

- Es único para toda la superficie del elipsoide, y de esta forma unifica para la superficie de la tierra en un solo sistema de coordenadas los levantamientos geodésicos.
- El empleo de líneas de coordenadas (meridianos y paralelos) se refieren directamente a la superficie del elipsoide, y el empleo de la misma para elaborar mapas en un solo sistema cartográfico resulta cómodo en caso de levantamientos independientes.
- Determina la posición de la normal a la superficie del elipsoide tomado como referencia, es muy importante en la investigación de la figura de la tierra.

### **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. Cuando un receptor GPS determina la posición de su antena, esta se halla expresada en coordenadas referidas al Datum.

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.

Las coordenadas geodésicas están referidas a un elipsoide de revolución con las siguientes características:

- ✓ Semieje mayor (a): 6.378.137 m = radio ecuatorial.
- ✓ Semieje menor (b): 6.356.752,3142 m = radio polar.
- ✓ Inversa del aplanamiento (1/f): 298,257223563, donde  $f = (a-b)/a$ .
- ✓ Constante Gravitacional de la tierra:  $398600.44 \times 10^9 \text{ m}^3 / \text{s}^2$

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

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

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. Surge de la necesidad de sustentar la cartografía producida en la Agencia de Mapeo del Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

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

Las tres ternas se definen:

- ✓ El eje X se define por la intersección entre el plano del meridiano de origen ( $0^{\circ}$  - meridiano de Greenwich) y el plano ecuatorial que se da en el paralelo de origen ( $0^{\circ}$  - paralelo de Ecuador).
- ✓ El eje Z, se encuentra a lo largo del semieje del elipsoide, apuntando hacia el polo Norte. Perpendicular al plano ecuatorial, coincidente con el polo medio.
- ✓ El eje Y, completa un sistema ortogonal mediante la regla de la mano derecha, separado  $90^{\circ}$  al este del eje X y con una dirección que intersecta al plano del Ecuador. Levógiro de  $90^{\circ}$ .

### **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.

También se denominan Topo céntrico Físico. Topo Céntrico: porque queda centrado en la primera estación; y, Físico: porque el plano horizontal auxiliar, es tangente a la superficie de nivel que pasa por el instrumento, es decir, perpendicular a la vertical del lugar quedando atado rigurosamente a la dirección de la gravedad.

Estos sistemas son relativos, de modo que no pueden vincularse dos sistemas locales entre sí, figura 44.

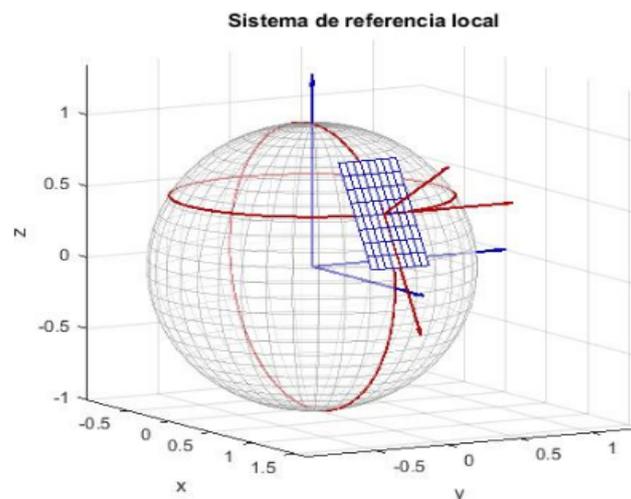


Figura 44: Coordenadas locales

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

**5.2.2 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.

Este marco, ha sido adoptado por disposición del Director del Instituto Geográfico Nacional, en el año 2009, suplantando al hasta entonces vigente POSGAR 94. Incorpora las más importantes redes geodésicas en uso, con sus respectivos parámetros de transformación, a fin de facilitar una georreferenciación unívoca en toda la República Argentina.

POSGAR 07 fue medido sobre los puntos de la red POSGAR 94, incorporando más de 50 nuevos puntos que mejoran la geometría espacial de la red y optimizan los resultados del ajuste.

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.

## REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA ESPAÑA

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, figuras 45 y 46.

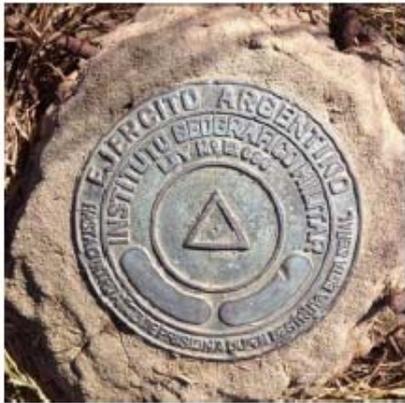


Figura 45



Figura 46

### 5.3 Sistema de Apoyo en Obras Viales

#### 5.3.1 Diseño

Siendo que estas obras pertenecen al grupo de obras con cierto desarrollo lineal, el diseño geométrico del sistema de apoyo está condicionado por esta circunstancia. La figura estará dada por una poligonal de base, 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.

## **REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA ESPAÑA**

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, ver figura 47.



Figura 47: Polígono de apoyo

### **5.3.2 Sistema y marco de referencia vertical**

Con el mismo criterio que se aconseja utilizar un único sistema de referencia planímetro, 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.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

**5.3.3 Sistema y marco de referencia horizontal**

Es recomendable en estos tipos de obras, descartar la utilización del empleo de 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 rectificadas con la altimetría a través del progresivado, es que el proyectista vial convierte las coordenadas

## REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA ESPAÑA

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, figura 48.

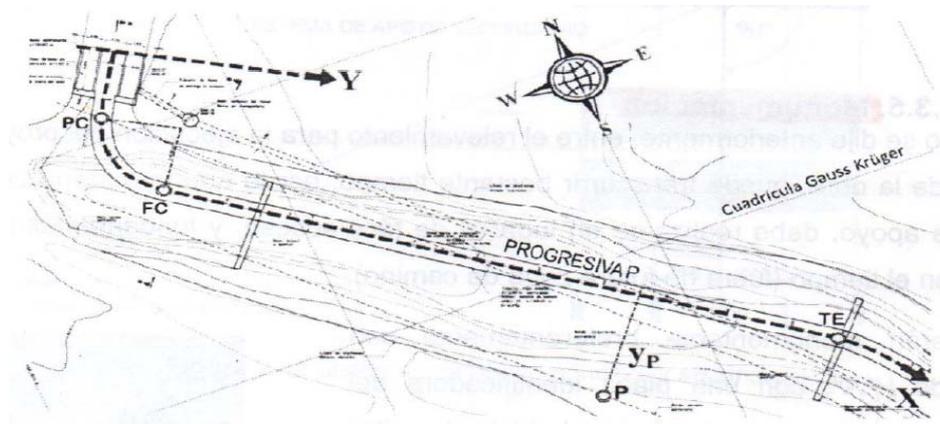


Figura 48: diseño horizontal

### **5.4 Sistema de Apoyo Existente en Obra (de Pliego)**

El pliego presenta un sistema de referencia local por no disponer de puntos fijos atados a algún sistema regional en la cercanía a la obra.

El plano “PPE-Replanteo Túnel”, ver en anexo, permite que, a partir de los puntos fijos dispersos en el área de trabajo, se pueda generar su rumbo y dejarlos adecuadamente materializados. En este plano, se puede observar el inicio del trazado, el final, principios-centros-finales de curva, vértices de las mismas, cada uno con sus coordenadas correspondientes, ver figura 49 y tabla 1 y 2.

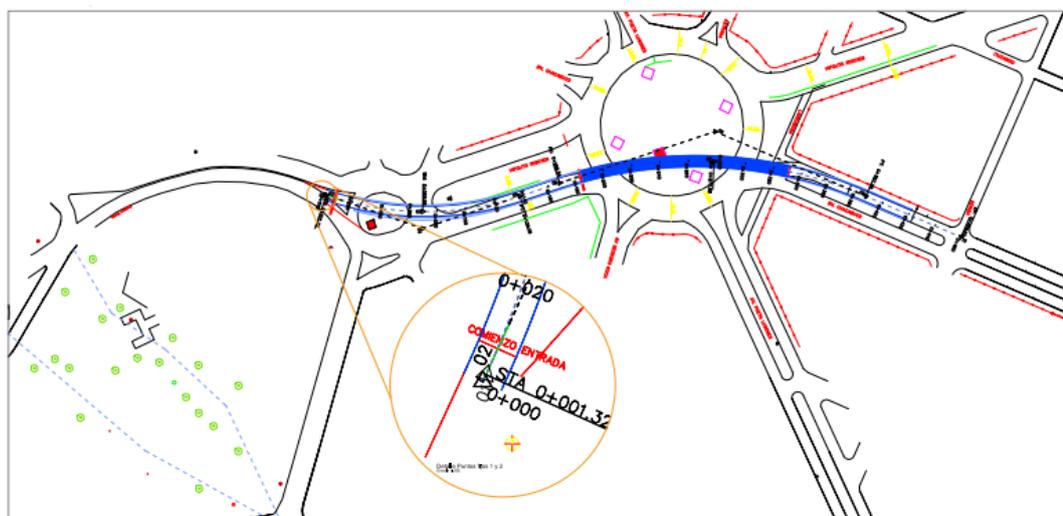


Figura 49: Poligonal de la traza

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA  
ESPAÑA**

REPLANTEO DE PUNTOS CARACTERÍSTICOS

PUNTO N°	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS sist. local (m)		PROGRESIVA
		X	Y	
01	Inicio Traza	1046.3194	711.6441	0+000.00
02	Tangente-Curva	1046.8589	712.8417	0+001.32
03	Mitad Curva	1064.6290	778.8139	0+069.95
04	Vértice Curva 1	1076.4801	777.6275	0+069 aprox
05	Curva-Tangente	1060.1700	847.4732	0+139.06
06	Tangente-Curva	1053.5127	875.9809	0+168.34
07	Mitad Curva	1048.3945	984.7859	0+277.86
08	Vértice Curva 2	1027.4385	987.6367	0+277 aprox
09	Curva-Tangente	1082.4813	1088.2200	0+387.38
10	Fin Traza	1117.2612	1151.7756	0+459.82

Tabla 1: Coordenadas del sistema local

ELEMENTO	P.INI	P.FIN	ORIENTACIÓN INI	ORIENTACIÓN FIN	INICIO	FIN	LONGITUD	RADIO	FLECHA DEL ARCO	TANGENTE	SECANTE	ÁNGULO
LÍNEA	01	02	N24° 34' 12"E	N24° 34' 12"E	0+000.00	0+001.32	1.32					
CURVA 1	02	05	N24° 34' 12"E	N13° 08' 40"W	0+001.32	0+139.06	137.88	210.00	9.66	61.48	10.21	142.2855
LÍNEA	05	06	N13° 08' 40"W	N13° 08' 40"W	0+139.06	0+168.34	29.28					
CURVA 2	06	09	N13° 08' 40"W	N28° 41' 21"E	0+168.34	0+387.38	219.04	300.00	19.77	114.66	21.16	138.1664
LÍNEA	09	10	N28° 41' 21"E	N28° 41' 21"E	0+387.38	0+459.82	72.45					

Tabla 2: Detalles de la traza

### 5.5 Sistema Generado

A partir de los planos de replanteo y el sistema de apoyo utilizado en el pliego, se procedió a generar un sistema propio de manera tal que permita ubicar adecuadamente la obra dentro del sistema implementado. Bajo estas consideraciones a través de un sistema de apoyo local se ejecutó dicho proyecto, resulta indispensable una correcta ubicación de los puntos característicos que hacen a la geometría del túnel.

Los elementos característicos que hacen a la geometría del túnel, debieron ser correctamente replanteados con el objetivo de poder ser materializados a la hora de la ejecución de dicha obra.

Teniendo en cuenta lo mencionado se sucedió lo siguiente, se genera el sistema de apoyo local con la implementación de la estación total, se van tomando los puntos fijos y así ir generando una poligonal cerrada para minimizar los errores por compensación, luego se ajustaron los puntos de la misma con la implementación de un sistema de geolocalización ntk de manera de desestimar cualquier posible error, llevando de esta manera a obtener un error de 5 cm con respecto a los valores obtenidos con la estación total.

## **5.6 Metodología de Medición**

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.

### **5.6.1 Planimetría**

Tienen por objeto estudiar las normas y procedimientos para efectuar la planimetría de un terreno; se basan en la medida de ángulos (acimutales) y distancias en horizontal.

#### **5.6.1.1 *Coordenadas Cartesianas***

Es determinante en pro de la mayor exactitud de los datos espeleométricos, así como de su representación, el empleo del método analítico de obtención de *coordenadas cartesianas*. Al mismo tiempo este método nos abre un amplio abanico de posibilidades para el empleo de software específico para el cálculo inmediato de las coordenadas de cada punto de nuestra poligonal en valores relativos y absolutos, con posibilidad de georreferenciarlos, exportarlos y editarlos mediante programas de diseño gráfico, vincular la información e integrarla sobre cartografía digital, Sistemas de Información Geográfica, Infraestructuras de Datos Espaciales, etc.

#### **Eje de Referencia:**

La perpendicular –línea vertical-, la llamaremos eje de ordenadas o – eje Y-, y tendrá valores positivos (+Y), desde el punto de corte con el eje X hacia arriba, y negativos (-Y), hacia abajo.

Al mismo tiempo el semieje +Y nos determinará la dirección Norte (geográfica o magnética), de nuestro levantamiento topográfico representado en planta.

De esta forma podemos representar fácilmente cualquier punto situado sobre el plano, expresando mediante dos números los valores de X e Y, y siempre en este orden (x,y), ver Figura.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

El origen de coordenadas será el punto (0,0) punto de intersección de ambos ejes, figura 50.

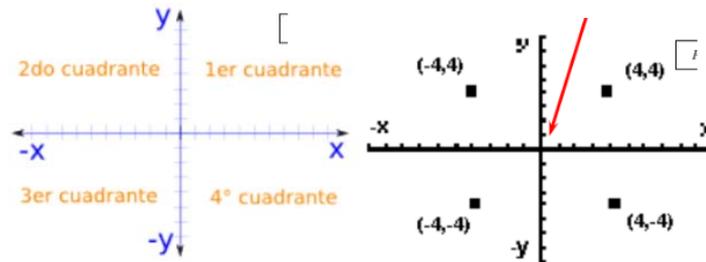


Figura 50: ejes de referencia

Aparte de otros datos, los datos imprescindibles para el levantamiento de nuestra topografía son:

- **DISTANCIA GEOMETRICA - DG** - medida en metros entre estaciones. La definimos como geométrica, toda vez que medimos un segmento recto y no la irregularidad de la galería.
- **RUMBO -Ro- ( $\alpha$ )** medido en grados sexagesimales, y correspondiente al ángulo formado por el Norte de referencia y la dirección de nuestra galería.
- **INCLINACIÓN -Io- ( $\beta$ )**, medido también en grados sexagesimales y correspondiente al ángulo de pendiente formado por la horizontal y la de nuestra galería.

Con estos tres parámetros podemos situar cualquier punto en el espacio (en nuestro caso estaciones topográficas), siempre determinados por un sistema de referencia construido por tres ejes cartesianos que nos faciliten obtener, desde el origen de coordenadas los valores de longitud, latitud y desnivel de cada uno de las estaciones de la poligonal topográfica, y función del desarrollo trigonométrico podemos obtener las coordenadas de los punto sobre dichos ejes cartesianos a los que han sido referenciados nuestros puntos, ver figura 51.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

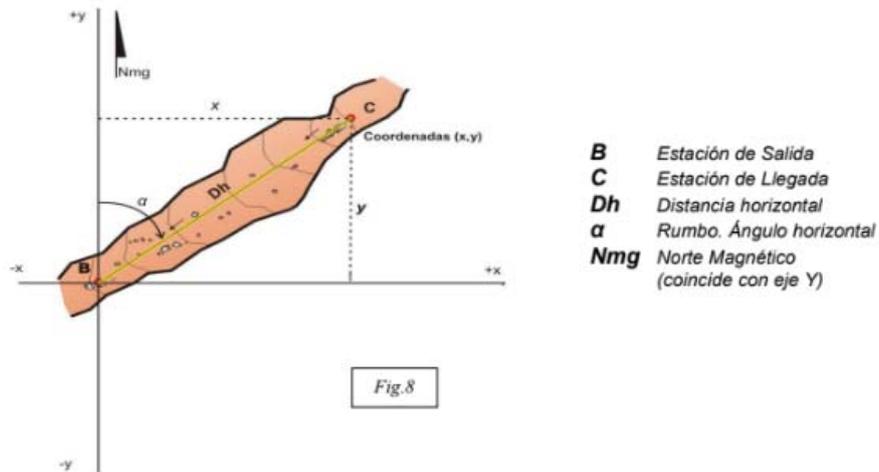


Figura 51

Según vemos en el dibujo anterior, nuevamente se construye un triángulo rectángulo conociendo el ángulo de nuestra brújula (rumbo), que es con el que operaremos. Volvamos a aplicar las fórmulas del seno y del coseno:

<b>sen <math>\alpha = x / Dh</math></b>	Despejando <b>-x-</b> obtenemos $\Rightarrow$	<b><math>x = \text{sen } \alpha \times Dh</math></b>
haciendo lo propio con el <i>seno</i> ,		
<b>cos <math>\alpha = y / Dh</math></b>	Despejando <b>-y-</b> obtenemos $\Rightarrow$	<b><math>y = \text{cos } \alpha \times Dh</math></b>

Con estas nuevas operaciones realizadas ya podemos dibujar la planta de nuestra cavidad aplicando las coordenadas obtenidas al plano horizontal definido por los ejes  $-x-$  e  $-y-$ , según el formato conocido. La secuencia de coordenadas totales acumuladas para cada estación seguiría el siguiente modelo:  
 desde el origen  $(0,0)$ ,  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,..... $(x_n, y_n)$

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

**Cálculo del Alzado**

- $D_h = \cos \beta \times D_g$
- $Z = \text{sen } \beta \times D_g$

El signo del eje  $-x-$ , es opcional, siendo positivo si queremos representar

nuestro alzado hacia la derecha, o negativo si queremos que lo haga hacia la izquierda. En cambio  $-z-$  dependerá del desarrollo de la cavidad

por encima o por debajo de la cota de entrada

**Cálculo de la Planta**

- $x = \text{sen } \alpha \times D_h$
- $y = \cos \alpha \times D_h$

Los signos de los ejes  $-x-$  e  $-y-$ , dependerán del valor del ángulo, según se desarrolló en el 1er, 2o, 3er ó 4o cuadrante.

De esta forma y con estas sencillas fórmulas, podemos hallar las coordenadas parciales (relativas), de cada punto o estación topográfica de levantamiento, lógicamente deberemos ir acumulando los valores para conocer las coordenadas de cualquier punto respecto del origen.

**Tener en cuenta:**

- Al situar un punto en el plano se cometen dos errores: uno el derivado de los errores de campo y otro de dibujo.
- Por ello, las coordenadas se deducen numéricamente de los datos de campo. Cada punto se transporta al plano con independencia del resto, de este modo no se transmiten los errores de dibujo a los sucesivos puntos.

**5.6.1.2      *Coordenadas Polares***

El método empleado para esto es el siguiente:

**Método Directo Polar (Taquimetría Total)**

Este es un método, que como su nombre lo indica, es de medición directa en el terreno. Los datos medidos se incorporan a una base de

## REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA ESPAÑA

datos en tiempo real, mediante una colectora electrónica de datos, que para este método consiste de una Estación Total.

Es el método comúnmente conocido en la topografía como “Taquimetría” o “Nube de Puntos”.

El término “Taquimetría” significa “mediciones rápidas” y se deriva del griego “taklus”, rápido y “metron”, medida. 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, quedara definido por los parámetros del vector correspondiente, obteniendo las coordenadas Norte, Este y Altura de los mismos, figura 52.

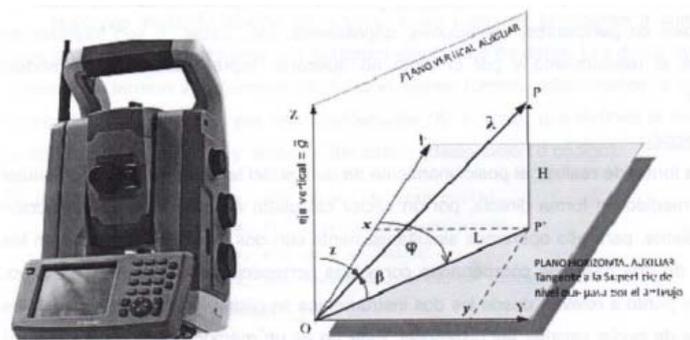


Figura 52: Coordenadas polares

- $\lambda$  - Magnitud del vector (longitud inclinada).
- $\varphi$  - Dirección horizontal (rumbo): ángulo formado por la proyección del vector ( $\lambda$ ) 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.
- $\beta$  - 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.

Algoritmos para la transformación de coordenadas polares a rectangulares:

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

$$X = L \cdot \cos \varphi = (\lambda \cdot \sin z) \cdot \cos \varphi$$

$$Y = L \cdot \sin \varphi = (\lambda \cdot \sin z) \cdot \sin \varphi$$

$$Z = H + i \rightarrow H = L \cdot \operatorname{tg} \beta$$

Donde "i" representa la altura del instrumental.

Esta transformación la realiza automáticamente la Estación Total, grabando en la memoria directamente las coordenadas X, Y y Cota del punto relevado.

Los puntos relevados quedan capturados midiendo o calculando un rumbo, El primer paso es entrar en el sistema y orientar el aparato. Esto se consigue estacionando sobre un punto de coordenadas conocidas, visualizando otro punto del sistema, y provocando en el instrumento la lectura de la dirección calculada. En la mayoría de las estaciones totales actuales, se solicita por pantalla las coordenadas rectangulares de la estación y las coordenadas rectangulares del vértice de orientación, no es entonces necesario provocar un rumbo, sino solo realizar la puntería. Procediendo de esta forma, cualquier punto observado, su rumbo medido estará directamente referenciado al Sistema de Referencia.

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 instrumental.
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.

Es práctica común de algunos topógrafos, arrumbar a cualquier vértice de la red de apoyo y hacerlo con rumbo  $0^{\circ} 00' 00''$ , luego en gabinete rotar la estación y ajustar al sistema, pero esto no es del todo conveniente ya que demanda tiempo, hay inmensas posibilidades de

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

cometer errores groseros y fundamentalmente por la falta de control en campaña.

La magnitud del vector, es decir la distancia inclinada, se mide a través de la medición de la fase, de una onda electromagnética. Las estaciones totales modernas permiten medir distancias hasta de 5000 metros desde una sola estación, pero generalmente, de acuerdo a las condiciones del terreno, es difícil de salvar esas distancias, sumado a los obstáculos existentes y reverberación atmosférica.

Los ángulos también se miden por diferencia de fase entre una onda de origen y la onda correspondiente al eje del anteojo.

Las precisiones que se pueden obtener con el método polar, surgirán en cada caso de la correcta aplicación de la acotación de errores, dependerá del instrumental que se disponga (aumento del anteojo, sensibilidad de los niveles, sensibilidad del péndulo, precisión en la medición de la distancia, precisión en la medición angular, etc.). Las precisiones nominales estándar dicen:  $\pm 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$  para la distancia y de  $5''$  de precisión angular (con errores del instrumental corregidos). La mayoría de los equipos modernos, corrigen de forma automática los errores instrumentales, algunos los dos ejes principales (colimación e inclinación) y otros 3 ejes.

### **5.6.2 Altimetría**

#### **5.6.2.1 Nivelación**

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

En pliego, se presenta el perfil longitudinal del túnel, figura 52 (plano denominado "PPE-Perfil Longitudinal-Traza Túnel") donde puede apreciarse la coordenada altimétrica o cota de cada punto a lo largo de todo su desarrollo.



**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

convenientemente entre sí obteniéndose de esta manera el desnivel existente entre los dos puntos donde estuvo apoyada la mira.

Este es el procedimiento en el caso de que solo queramos obtener el desnivel existente entre dos puntos, pero en el caso en que es necesario el replanteo o la obtención de una o más cotas, el cálculo se complica ya que debemos agregar dos nuevos elementos al cálculo: la cota y el plano Visual (PV) o cota del eje óptico del anteojo del nivel, paso intermedio que debemos calcular antes de calcular la cota de los demás puntos, ver figura 53.

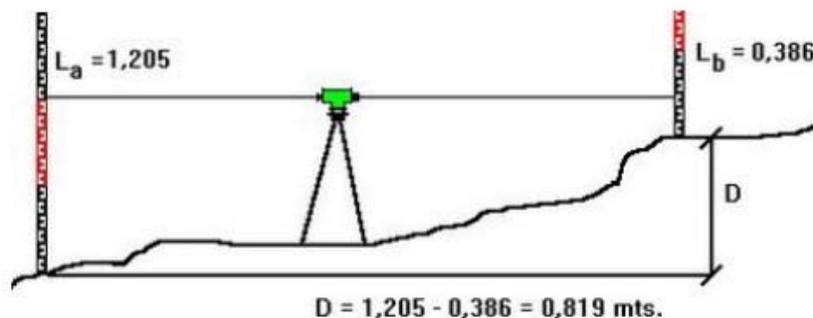


Figura 53: Desnivel entre dos puntos

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

En la Figura 54 se muestra el replanteo de la cota de un punto desconocido.

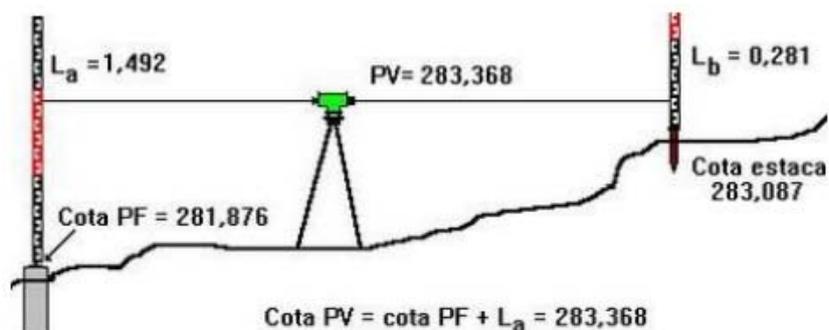


Figura 54: Replanteo de cota desconocida

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

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

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

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

Este fue el método que se utilizó en toda la realización de la practica debido a su agilización a la hora de tomar cotas en función del posicionamiento del instrumento en un punto con visual hacia todos los lados y con un punto de referencia de coordenadas conocidas.

**5.6.2.4 Nivelación geométrica compuesta o lineal**

Es el más usado ya que generalmente los puntos a nivelar se encuentran a más de la distancia máxima en que se puede colocar la mira, y por lo tanto se deben realizar tantas nivelaciones simples como sean necesarias para unirlos, para realizar una nivelación se debe tener en cuenta una distancia para cada tramo de entre 120 a 180 m y luego dividir la longitud total por esta distancia para hallar la cantidad de tramos a realizar; los puntos intermedios entre los dos (o más) puntos objetos del trabajo, se llamarán puntos de paso o PP, ver figura 55.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

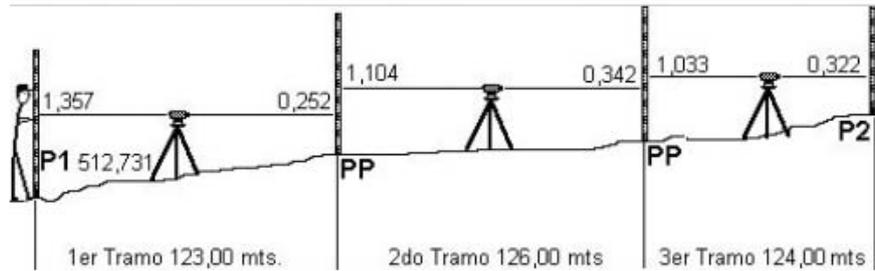


Figura 55: Nivelación lineal

**5.6.2.5 Errores en la nivelación geométrica**

En la Topografía existen varios tipos de errores que pueden aparecer en la toma de medidas y posteriormente en los diferentes cálculos que se pueden llevar a cabo con ellos. La definición de error es una de las más sencillas que nos podemos encontrar y es que se denomina a un error como la diferencia existente entre el valor medido y el valor real de la magnitud considerada. Toda medida que realicemos con un aparato topográfico, bien sean ángulos o distancias, están aparejadas siempre a un error.

Los orígenes de estos errores pueden ser muy diferentes y pueden tener que ver con la capacidad del ojo humano, pasando por las deficiencias de los aparatos topográficos, y hasta llegar a las condiciones atmosféricas (presión, temperatura y humedad) del lugar en el que realicemos las diferentes mediciones.

Los errores se pueden clasificar en Topografía en:

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

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

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA**  
**ESPAÑA**

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

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

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

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

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

## **6 Conclusiones**

En función de todo lo expuesto anteriormente se puede concluir con la importancia de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, en esta obra en particular, se pudo observar como son aplicadas las distintas técnicas aprendidas y como se ajustan las mismas a medida surgen obstáculos que no permiten el buen desempeño de la actividad. Si bien en la mayoría de los casos vistos se implementaron técnicas y procesos tal cual fueron inculcados a niveles académicos, también cabe destacar que en el desarrollo de la ejecución de la obra no aplica una relación teoría-práctica directa al ciento por ciento sobre todo debido a que, como fue mencionado anteriormente se debe ajustar a los problemas que van surgiendo a medida se va avanzando, y las necesidades que vayan presentándose, sobre todo en lo referido a aquellas actividades que impliquen el trabajo de equipos de distintas disciplinas.

Se pudo ver la importancia del trabajo en equipo dentro de la obra de profesionales de distintas especialidades, tanto así como la rama de la topografía, geotecnia, estructuras, hidráulica, higiene y seguridad, el proceso de los vínculos, el trabajo interdisciplinario y en simultaneo con todos los profesionales hace de columna vertebral en el desempeño de realización de la obra. Sin dejar de lado a los operarios, todos en su conjunto hacen que algo que surge como una mera idea se materialice.

En lo particular hago mención de la calidad humana de todo el grupo de trabajo, la cual fue excelente, todo el trabajo se hace en un entorno ameno, un ambiente de fraternidad que hace que la actividad sea mucho más llevadera.

**REPLANTEO PLANIALTIMETRICO DE OBRA VIAL URBANA EN NUDO VIAL PLAZA  
ESPAÑA**

## **7 Bibliografía**

- **Catedra Transporte II.** Anexo a Manual de Diseño Geométrico Vial. Tomo I (2014). Topografía Vial.
- **Riachi, Elias Agustin (2018),** RELEVAMIENTO TOPOGRÁFICO Y CONTROL DE CALIDAD DEL PAQUETE ESTRUCTURAL. Informe Práctica Supervisada. FCEFyN.
- **Guerra, Hugo (2017),** “RELEVAMIENTO TOPOGRAFICO VIAL URBANO PARA PROYECTO EJECUTIVO NUDO VIAL PLAZA ESPAÑA”. Informe Práctica Supervisada. FCEFyN.
- **Cátedra Topografía I y II (2010).** Instructivo Teórico Practico. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
- **COMISION DE TOPOGRAFIA ESPELEOLOGICA DE LA F.A.E.** “TOPOGRAFIA ESPELEOLOGICA. RESOLUCION POR COORDENADAS CARTESIANAS.”
- **Sistemas de Referencias.**  
<http://ign.gob.ar/nuestrasactividades/geodesia/posgar07>
- **Concepto de Topografía y Geodesia.**  
<http://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Introduccion>
- **Runco - Ficha técnica**  
<http://www.runco.com.ar/Estacion-Total-Nikon-XF.html>