

En toda obra de Ingeniería existen tres **momentos** claves: la Captura de datos de la Realidad, el proyecto y el **replanteo** de la obra.

En el replanteo de la obra, los agrimensores somos los encargados de llevar adelante un momento crítico y crucial, es el momento de materializar en el terreno el proyecto, es decir de contraponer imaginación, fantasías con la realidad.

Curiosamente en nuestra vida ocurre lo mismo, hay un tiempo para soñar y gestar proyectos, y hay un momento en que, inevitablemente confrontamos aquellos sueños, ideales y quimeras elaborados en nuestra temprana juventud, con la realidad que finalmente pudimos construir.

Por eso, por la similitud que yo encuentro en ambos replanteos, al iniciar este importante capítulo de las Mediciones Especiales, transcribiré un par de poesías de Borges referidas al tema.

MOMENTOS

Si pudiera vivir nuevamente mi vida
En la próxima trataría de cometer más errores
No intentaría ser tan perfecto, me relajaría más
Sería mas tonto de lo que he sido, de hecho
tomaría muy pocas cosas con seriedad

Sería menos higiénico
Correría más riesgos, haría más viajes, contemplaría
más atardeceres, subiría más montañas, nadaría más ríos
Iría a más lugares adonde nunca he ido, comería
más helados y menos habas, tendría más problemas
reales y menos imaginarios

Yo fui una de esas personas que vivió sensata y prolíficamente
cada minuto de su vida, claro que tuve momentos de alegría
Pero si pudiera volver atrás trataría de tener
solamente buenos momentos...
Por si no lo saben, de eso esta hecha la vida, solo de momentos
no te pierdas el ahora
Yo era uno de esos que nunca iban a ninguna parte sin un termómetro,
una bolsa de agua caliente, un paraguas y un paracaídas;
si pudiera volver a vivir, viajaría más liviano.

Si pudiera volver a vivir comenzaría a andar descalzo a principios
de la primavera y seguiría así hasta concluir el otoño.
Daría más vueltas en la calesita, contemplaría más amaneceres y
jugaría con más niños, si tuviera otra vez la vida por delante ...
Pero ya ven, tengo 85 años, y se que me estoy muriendo.

Remordimiento

He cometido el peor de los pecados
Que un hombre puede cometer. **No he sido Feliz.**
Que los glaciares del olvido
Me arrastren y me pierdan, despiadados.
Mis padres me engendraron para el juego
Humano de las noches y los días.
Para la tierra, el agua, el aire, el fuego.
Los defraudé. No fui feliz. Cumplida
No fue su joven voluntad. Mi mente
Se aplicó a las simétricas porfías
Del arte, que entreteje naderías.
Me legaron valor. No fui valiente.
No me abandona. Siempre está a mi lado
La sombra de haber sido un desdichado.



JORGE LUIS BORGES

Capítulo 8. Replanteos

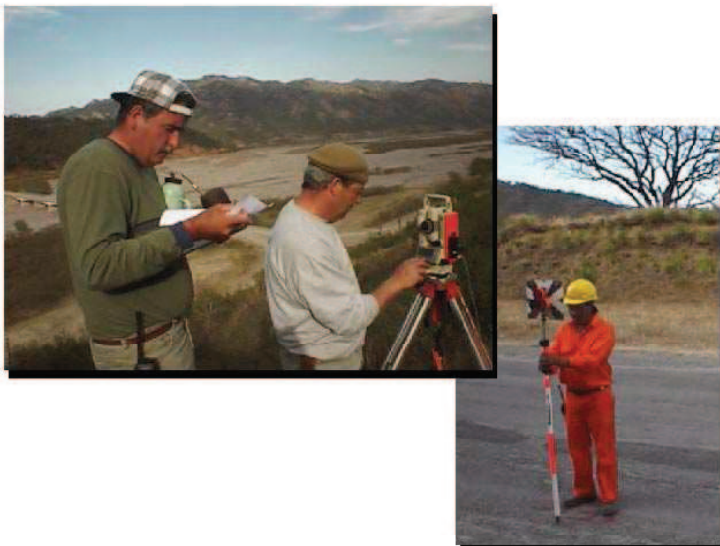
8.1: Introducción

I. Definiciones

Según el diccionario, replantear significa “volver a plantear lo que ya fue planteado”, ó también: “trazar en el terreno el plano de cimientos de la planta proyectada”.

Es decir, consiste en materializar en el terreno (**Dibujar en Escala 1:1**), todas las obras y construcciones que integran una obra de Arquitectura o Ingeniería y que se encuentran expresadas en los **PLANOS DE PROYECTOS**.

Replantear es entonces - **llevar al terreno, la obra ideal que se encuentra plasmada en el conjunto de planos del proyecto**.



Topógrafos, replanteando un proyecto de modificación de traza, en la Ruta Nacional N° 9, en la quebrada de Humahuaca.

Los datos de medición para el replanteo surgirán de la información que se encuentra expresada en forma analítica o analógica, y que están elaboradas por las diversas disciplinas profesionales que participaron en la concreción del Proyecto Ejecutivo. (*Ing.Civiles, Viales, Hidráulicos, estructuralistas, Agrimensores, Arquitectos, paisajistas, Agrónomos, especialistas en Ingeniería ambiental, etc.*).

Echemos una mirada retrospectiva para recordar las etapas que antecedieron a ésta, a fin de ubicarnos en la situación en que se encontrará el profesional cuando se lo convoque para que se haga cargo del replanteo de una obra:

- ❖ *Primero fue el levantamiento planialtimétrico general, que condujo a la generación de un modelo digital de terreno y/o a la elaboración de planos topográficos en escalas 1: 250.000; 1:100.000; 1: 50.000.*
- ❖ *Luego, apoyándose en los mismos, los consultores estudiaron distintas alternativas, y del análisis de ellas surgió el anteproyecto de la obra.*
- ❖ *Otra vez intervino otro agrimensor, a los efectos de encarar un nuevo levantamiento planialtimétrico, ya con pautas más claras sobre la ubicación de la futura obra, con instrucciones específicas sobre la información a capturar. Realizó los levantamientos con tolerancias más ajustadas y con mayor densificación de detalles.*



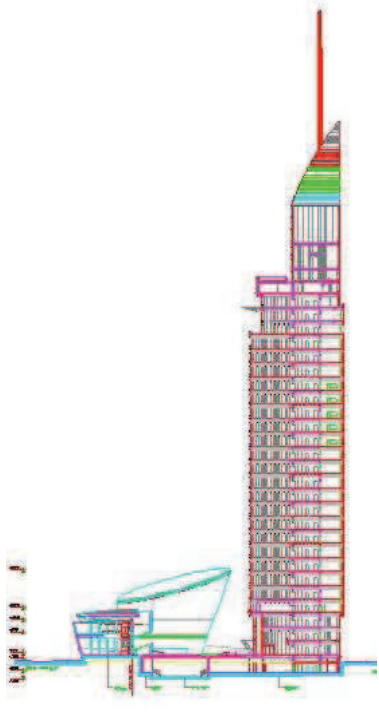

- ❖ *El resultado fue un nuevo MDT, perfiles, planimetrías, altimetrías, etc. todos ellos conformando un paquete denominado los **planos de Relevamiento del proyecto**.*
- ❖ *Luego, se convocó a una empresa consultora, la cual seguramente se encontraba integrada por un conjunto de profesionales especialistas, todos ellos dedicados exclusivamente al estudio, análisis y el proyecto ejecutivo de las obras, el cual quedó conformado por un conjunto de documentos gráficos: (plano de mensura, planimetría general, planimetría de detalles, altimetrías, secciones y cortes, planos de fundación, plano de vigas y columnas, planos de encofrados, planos de losas, planos de instalaciones eléctricas, redes de agua, de saneamiento, de desagües pluviales, planos de accesos viales, de playas de estacionamiento, de iluminación, de parquización, etc.), además de una serie de documentos literales y cálculos que en conjunto conforman el **pliego del proyecto**.*
- ❖ *Una vez realizado el concurso de precios, y adjudicada la obra a una empresa constructora, el primer paso de ésta será convocar a un Agrimensor para comenzar con las tareas del replanteo.*

El agrimensor, en este momento se enfrentará al siguiente problema:

Indicar a los constructores la posición exacta de cada una de las partes que integran la obra, desde las fundaciones hasta la terminación de la misma.

La tarea de replanteo de las obras incluyen:

- El replanteo inicial o la marcación del emplazamiento de las obras.-
- El seguimiento o control geométrico hasta que concluyan las mismas, y esto significa:
 - - **velar por el estricto cumplimiento de las tolerancias constructivas** –
 - Además, realizará la secuencia de estudios y trazados especiales.-

<p>Obra: torre de ANTEL Montevideo</p>		
		<p>Construcción de la torre</p>
<p>Plano de proyecto: corte principal</p>	<p>Inicio de las obras: fundaciones</p> <p>Colocación de los encofrados de la estructura</p>	


Al hacerse cargo de esta tarea, el Agrimensor recibe el conjunto de planos que integran el proyecto, y es informado por el gerente de proyecto o jefe de obra, sobre el plan de avance, tiempos de ejecución y plazos a cumplir.

También acuerda con los responsables de la ejecución de la obra y/o con la inspección, sobre exactitudes y tolerancias constructivas.

Se informará también, sobre las previsiones que se tuvieron al estudiar la obra, sobre provisión de instrumental de medición, herramientas de proceso, cálculo y dibujo y la cantidad de personal a afectar en la “**Topografía**”¹.

Con la información recabada hasta ese momento, el volumen de la obra, teniendo en cuenta el plan de obras, los tiempos y las tolerancias, el instrumental disponible y el personal afectado; el Agrimensor planificará su equipo: cantidad y calidad de colaboradores, auxiliares y ayudantes. Como así también, solicitará la provisión o el cambio del instrumental de medición necesario, todo conforme a su criterio profesional.

Con el **equipo armado**, el Agrimensor dará comienzo **de inmediato** con las tareas.

 La primera observación es la siguiente: Armar el equipo de topografía (agrimensores, topógrafos, auxiliares, ayudantes), no significa disponer desde el primer momento todo el personal que se va a necesitar a lo largo de todo el emprendimiento, sino que la incorporación y desafectación de los mismos puede hacerse por etapas, siguiendo el cronograma de avance de obras.

 Por otra parte decimos - de inmediato - y esto quiere decir lo siguiente:

En toda obra siempre hay urgencias que cumplir, la principal son los plazos establecidos, dado que los mismos se comienzan a contar, desde el momento de la firma del contrato, o de la firma del acta de replanteo.

Siempre ocurre que al hacerse cargo el Agrimensor de su responsabilidad, la empresa constructora ya se encuentra atrasada con los tiempos, y aunque el resto del equipo ya esté en condiciones de comenzar con los movimientos de suelo, instalar plantas de cemento, oficinas y obradores, nadie, ninguno de ellos, podrá hacer absolutamente nada hasta que el Agrimensor no realice el primer movimiento, por tal motivo desde el primer día el profesional a cargo de las mediciones, será el depositario de todos los apremios, tensiones, angustias y confusiones que se vivan en la obra.

Pero a pesar del apuro y las presiones, el Agrimensor no podrá iniciar sus trabajos, no sin antes haber realizado una serie de pasos previos, tendientes a asegurar que el “rompecabezas” encaje bien sus piezas, desde el principio hasta el día final, y en este sentido se le recomienda a los futuros profesionales ser inflexibles, no dar ningún paso en falso, no ceder en permitir el inicio de ninguna obra si no se está absolutamente seguro, deberán ser firmes y fuertes para soportar las presiones, pero la única garantía de terminar una obra coronado en el éxito, es haber comenzado bien desde un principio:

- con el conocimiento absoluto de todos los parámetros y variables que intervienen en la obra.
- con un plan de trabajo
- con un plano propio de replanteo
- con el sistema de apoyo medido y compensado
- con un análisis (aunque expeditivo) sobre tolerancias y precisiones

En otras palabras, el Agrimensor deberá tener plena conciencia en el brete en que estará metido. Un movimiento mal hecho, un cálculo equivocado, un replanteo mal ejecutado puede costarle muy caro a la obra en su conjunto, y por ende al Agrimensor.

¹ Con esta designación, se reconoce en obras al conjunto de Mediciones Especiales destinadas al Replanteo de las construcciones.

8.2: Modelos de Solución

En las mediciones especiales como en muchas tareas de la agrimensura, pero muy especialmente en las mediciones para los **replanteos de obra** y en las **mediciones industriales**, **el Agrimensor se verá enfrentado permanentemente a resolver problemas, estos deberán ser resueltos con éxito, en tiempos muy breves, generalmente en ambientes incómodos y bajo continua presión.**

A pesar que en nuestra vida diaria de relación esto se nos presente muy frecuentemente, es muy poco lo que sabemos sobre métodos generales para resolver problemas, (sabemos que algunas personas los resuelven con mayor facilidad que otros y pensamos que ello es así porque hay personas más talentosas que otras), sin embargo ello se debe a que estas personas se han ejercitado intuitivamente ² más que los otros, en la resolución de problemas.

Hacemos este breve comentario, a los efectos de alentar a los alumnos al ejercicio de solución de problemas aplicando los conceptos básicos de modelos matemáticos.

El proceso que conduce a la solución correcta de problemas matemáticos se presenta en fases bien definidas.

Formulación precisa del problema

Una de las mayores causa de dificultades es que la naturaleza del problema no se conoce adecuadamente, no existe posibilidad alguna de obtener una solución correcta cuando el problema ha sido planteado con vaguedad. Es necesario tomar conciencia de esto, muchas veces ante un problema de cualquier tipo, no podemos arribar a solución alguna, o bien todas las soluciones a que llegamos son falsas. Es casi una certeza afirmar que la mayor causa o dificultad **se debe a la falta de datos o de información**. O bien, que estos se encuentran dispersos y confundidos en la formulación.

En la formulación necesitamos conocer con total **seguridad el punto final al que se quiere arribar**, y los resultados que esperamos obtener.

Desarrollo de un modelo

Comprende dos fases bien definidas:

- ❖ La identificación clara y precisa de las **variables** que intervienen
- ❖ La identificación de las **relaciones** existentes entre las variables, y entre éstas y la solución final.

Las relaciones entre las variables en los modelos matemáticos responden leyes o funciones (ecuaciones), en la vida cotidiana responden a leyes sociales o causas y efectos conocidos.

Transformado el problema en un conjunto de relaciones, muy estrechas y vinculadas entre sí, queda ideado un primer modelo de solución.

Análisis del modelo

Ya conocemos perfectamente a donde queremos llegar, sabemos con qué contamos, y hemos elaborado nuestro modelo de solución, pasamos a continuación a **ponerlo a prueba** antes de aplicarlo en la realidad, es decir realizamos un análisis del modelo, lo que intentaremos además en esta etapa es clarificarlo y reducirlo a formas más simples, más dinámicas y comprensibles.

De como esté planteado el modelo, dependerá la exactitud de la solución. A veces se pretende lograr una mayor exactitud que lo que el modelo tiene por sí mismo (error de modelo).

² Intuición: Razonamiento breve, elaborado en base a un gran caudal de conocimientos previos acumulados. No se lo debe confundir con corazonada, lo cual no implica ningún tipo de razonamiento.

Finalmente, sólo resta ponerlo en práctica, enfrentándolo a la situación real y realizar un seguimiento del mismo para observar como se comporta, permitiéndonos ir realizando las correcciones que fuesen necesario aplicar.

Permítaseme a continuación, transcribir un antiquísimo cuento:

⚡ Había una vez tres peces, que vivían en un charco. Ellos eran: un pez inteligente, uno semiinteligente y un pez tonto. La vida para ellos transcurría muy a la manera de los peces de cualquier lugar, hasta que un día llegó un hombre.

Llevaba una red, y el pez diestro lo vio a través del agua. Apelando a su experiencia, a los cuentos que había oído y a su habilidad decidió ponerse inmediatamente en acción.

- Hay pocos lugares para esconderse en este charco (pensó), por lo tanto fingiré estar muerto.

Reunió todas sus fuerzas y saltó fuera del charco cayendo a los pies del pescador, quien quedó muy sorprendido. Pero como el pez inteligente estaba conteniendo su respiración, el pescador supuso que estaba muerto, y lo arrojó nuevamente al agua. Entonces este pez se deslizó hacia una pequeña cavidad en la orilla.

Ahora bien, el segundo pez, el semiinteligente, no entendía del todo lo que estaba pasando. De modo que nadó hacia el pez diestro y le preguntó detalladamente acerca del asunto

- Simple, dijo el pez inteligente, fingí estar muerto y de ese modo él me arrojó nuevamente al charco.

De manera que el pez semiinteligente saltó inmediatamente fuera del agua a los pies del pescador.

- Extraño (pensó) están saltando los peces a mí alrededor

Y como el pez semiinteligente había olvidado contener su respiración, el pescador se dio cuenta que estaba vivo y lo puso en la bolsa.

Luego se dio vuelta para observar atentamente dentro del agua, y como había quedado algo confuso por los peces que saltaban a tierra junto a él, no cerró la solapa de su bolso, de este modo el pez semiinteligente aprovechó la oportunidad para liberarse, y moviéndose a sacudidas una y otra vez, se arrojó al agua. Buscó al primer pez y se echó jadeante a su lado.

Mientras tanto el tercer pez, el tonto, no comprendió nada de esto, aun cuando ya había oído la versión del primero y del segundo pez. De manera que ellos pacientemente repasaron con él cada detalle, poniendo de relieve la importancia de no respirar con el objeto de fingirse muerto.

- Muchísimas gracias, ahora entendí, dijo el pez tonto

Y diciendo estas palabras se arrojó fuera del agua y cayó junto al pescador.

Entonces el pescador, habiendo ya perdido dos peces, puso a este en la bolsa sin siquiera molestarse en mirar si estaba respirando o no, pero esta vez se aseguró de cerrar muy bien la solapa del bolso y se lo llevó a su casa para la cena del gato.³

De la lectura del cuento podemos analizar como resuelven un mismo problema los tres peces

- ❖ El primer pez (el pez inteligente), analiza la situación apelando a la información que posee, y **plantea** de forma inmediata un **modelo de solución**. El resultado obtenido es el esperado.
- ❖ El segundo pez (el semi inteligente), sin comprender correctamente el problema, solicita al primero le informe sobre lo que ocurre, y luego **aplica** el mismo modelo de solución. Pero al no ser un modelo de su autoría olvida detalles importantísimos. El resultado obtenido fue un fracaso, de milagro no perdió la vida en el intento.

³ Los tres peces – “Cuentos de los Derviches” compilado por Idries Shah


- ❖ Finalmente, el tercer pez (el pez tonto), si bien aplica el mismo modelo y toma todas las precauciones en hacerlo bien, arriba demasiado tarde a la solución del problema, y el resultado obtenido es un trágico fracaso.

La moraleja es: Resulta muy importante (vital diría), que el modelo de solución planteado sea propio y no ajeno, los modelos copiados generan dudas e imprecisiones, y además, debe aplicarse rápidamente, caso contrario se llegará demasiado tarde.

8.3: Tareas previas

La primera de las tareas a encarar, será la de reunir, ordenar y compatibilizar toda la información disponible:

- (a) la que se encuentra en el terreno.
- (b) la que está contenida en los planos de proyectos.

 El **primer paso** que el agrimensor dará:

Será el **Reconocimiento** y análisis de la información **existente en el terreno**

Como siempre lo hemos recalcado en todas las cátedras de esta Escuela, la importancia que reviste el **reconocimiento del terreno**, una visita con sus colaboradores y planos en manos, ubicándose en la obra, buscando mojones existentes, marcas y señales que lo puedan orientar, (que lo ayuden a ubicarse más rápidamente), pero fundamentalmente porque necesita nexos de unión con las etapas que lo precedieron.

Al mismo tiempo realizará un inventario mental sobre la visibilidad entre puntos, detalles importantes del terreno, como así también sobre obstáculos y construcciones existentes que puedan afectar los trabajos de mediciones.

- ❖ Si se trata de una obra de arquitectura o de ingeniería de desarrollo superficial, ésta deberá encontrarse contenida dentro de un límite de propiedad, el cual debería estar materializado con mojones y responder a un plano de mensura, habrá también mojones o marcas que materializarán el sistema de apoyo del levantamiento que dio origen al proyecto, especialmente interesa encontrar PF (puntos fijos) del sistema altimétrico.
- ❖ Si por el contrario se trata de una obra de desarrollo lineal, la obra estará contenida dentro de la faja de afectación o de ocupación (según el caso), habrá además mojones que materialicen los Vértices (V), Principios (PC) y fines de curvas (FC), y Puntos de Líneas del eje de la traza (PL), habrá mojones que materialicen el límite de la zona de ocupación, y como en el punto anterior, interesa verificar la existencia de PF altimétricos.

Si se nos provee el plano de relevamiento que sirvió de base para la ejecución del proyecto, y en el terreno aun perduran los vértices del sistema que sirvieron de apoyo, es necesario enviar de inmediato una comisión de topógrafos para verificarlos.

Respecto al plano de mensura, en primer lugar (en gabinete), se verificará el cierre lineal y el cierre angular, para enviar luego una comisión a contrastar las dimensiones en el terreno y verificar el amojonamiento.



Simultáneamente esto ocurre y antes de permitir que salga ningún equipo de topógrafos a la obra, el Agrimensor encomendará e inspeccionará, se verifique y controle la calibración de todos y cada uno de los instrumentos de medición (teodolitos, niveles, estaciones totales, cintas, miras, etc.), realizando una correcta evaluación de los errores de instrumental

👉 El **segundo paso** necesario, es el análisis de la información contenida en **los planos**:

Tal como ya hemos dicho, existen un sin número de planos que integran el proyecto, los cuales se encuentran agrupados por especialidad, nuestra labor consistirá en compilarlos, cotejarlos, compararlos, analizar si se ajustan, si se corresponden entre ellos, etc. Todo este proceso sería imposible de realizar si no traducimos previamente los distintos proyectos a un único lenguaje común, es decir en un **lenguaje geométrico**.

👉 Para ello realizamos un proceso de síntesis, buscando y definiendo su estructura, el esqueleto geométrico que los fundamenta.

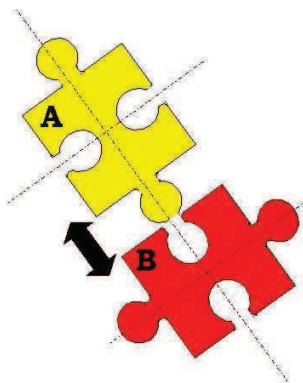
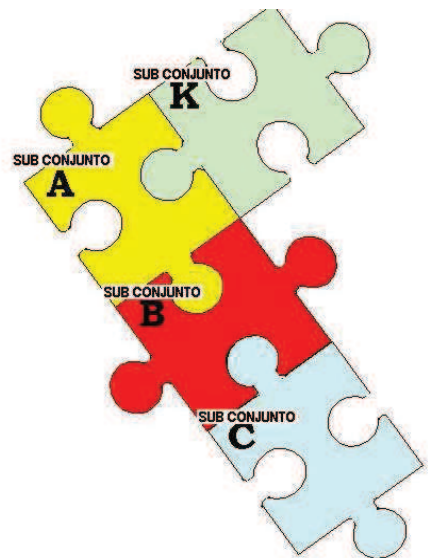
Comenzaremos por definir los sistemas de referencias utilizados en los planos de proyecto, luego los ejes, clasificándolos en ejes principales, secundarios y auxiliares.

8.4: Ejes

Ya antes hemos comparado la obra de ingeniería a construir, con un gigante rompecabezas, formada por cientos de piezas.

Es decir, admitamos que la obra en su totalidad es un **conjunto**, formado por una suma de elementos a los que llamaremos **bloques** o **sub conjuntos**.

Estos son las distintas partes, los distintos niveles, los distintos frentes o las distintas etapas en que se construirá la obra, es decir cada una de las piezas pueden ser ejecutadas o bien simultáneamente, o en distintos tiempos conforme lo estipule el plan de avance de obras.



👉 Cada una de estas piezas, que generalmente se van construyendo en distintas épocas, deben coincidir exactamente con las piezas vecinas, dejando entre ellas un estrecho espacio de contacto.

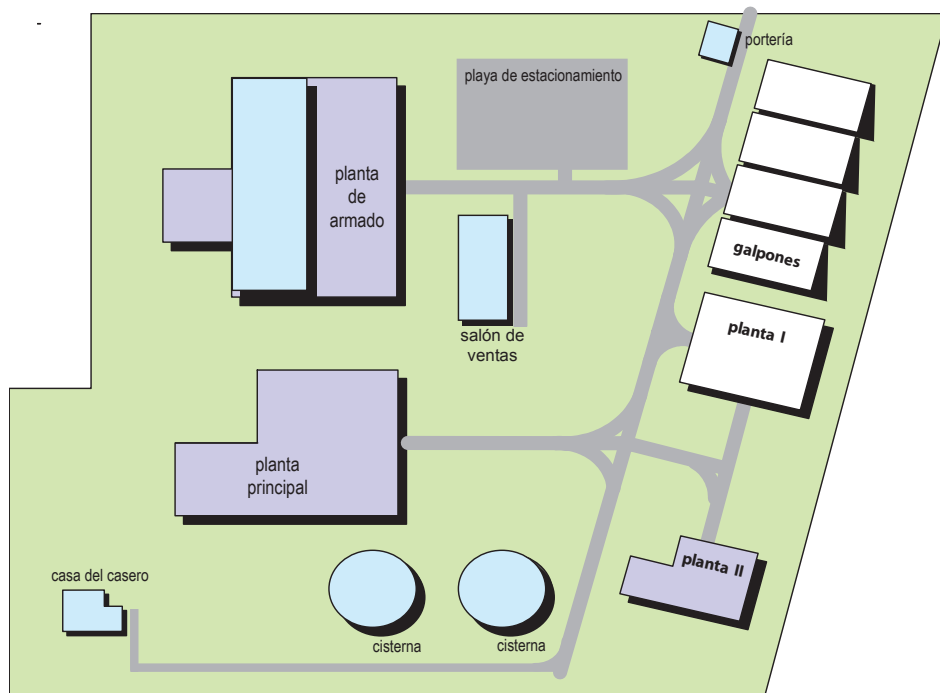
Cada subconjunto se desarrolla a partir de un par de ejes coordenados, (ejes principales).

O a partir de un par, o de un conjunto de ejes secundarios.

Generalmente un eje principal suele ser común a varios subconjuntos.-

- ❖ Los ejes principales están estrechamente ligados entre sí.
- ❖ Los ejes secundarios forman boques y están estrechamente ligados a un eje principal.

Supongamos como ejemplo de análisis, que se replanteará una obra de desarrollo superficial: **una fábrica**.



Observando la planimetría general, podemos ver que dentro del conjunto “fábrica” existen una serie de bloques o subconjuntos bien definidos: “ la planta de armado, el salón de ventas, la planta principal, la segunda planta, los galpones, la portería, la playa de estacionamientos, la casa del casero, los tanques cisternas, las calles interiores “ y aunque no se vean en la planimetría, existen otros subconjuntos: “sistemas de riego, calefacción, saneamiento sanitario, iluminación, etc”

El proceso de síntesis geométrica, consiste en:

 ir **de lo general a lo particular.**

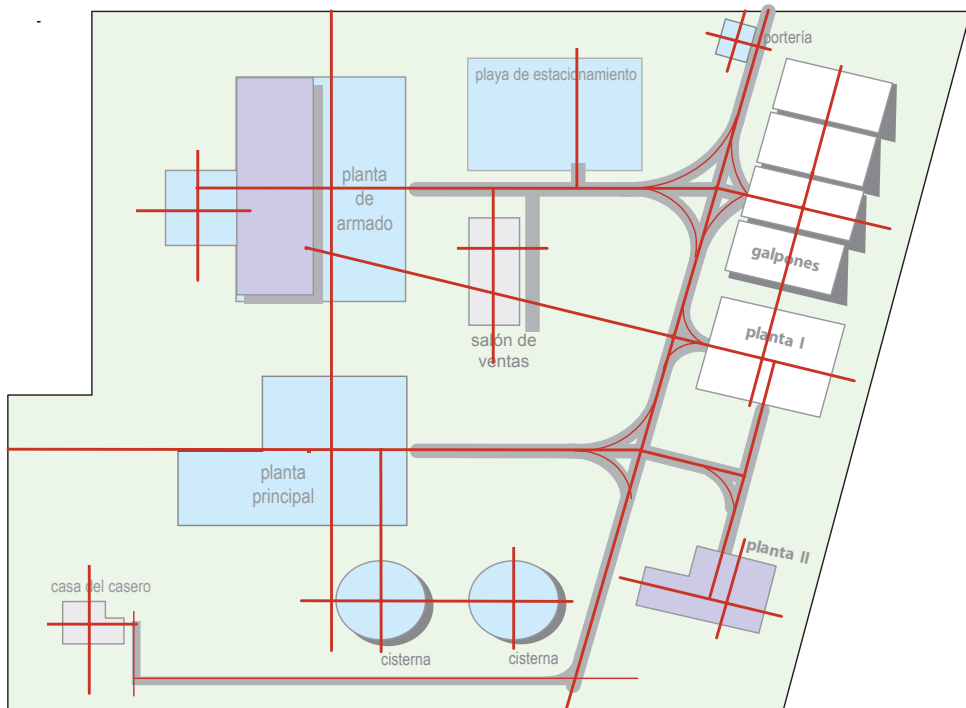
- Comenzaremos con el estudio de los planos de proyectos **más generales**, con los planos de ubicación, la planimetría general del proyecto, planos de mensura, composición del proyecto, implantación, etc.
- Luego continuaremos con los planos de fundaciones, para ir avanzando por los planos de arquitectura hasta llegar a los cortes y los planos de detalles.

 Y desde **abajo hacia arriba**

- Comenzaremos por las fundaciones, las instalaciones sanitarias, hasta llegar a los niveles mas altos.

Para cada una de las partes de la obra, en la carpeta del pliego, habrá un plano exclusivamente de replanteo, en donde estarán definidos los ejes principales y secundarios, y estará determinada también, la posición de dichos ejes respecto a otros ejes principales y al sistema de referencia.

Extraemos esa información y esos parámetros a fin de elaborar **nuestro propio plano de Replanteo.**



8.5: El Plano de Replanteo

8.5.1: Geometrialización

No se si este nombre es el correcto, llamo así a un proceso en el que definimos y representamos geoméricamente a los ejes de cada bloque, diferenciamos los ejes principales de los ejes secundarios. Encontramos los puntos de intersección de los ejes principales de un bloque respecto a otros.

De igual manera procedemos con los ejes secundarios y auxiliares, definimos todos los puntos de intersección, y así procederemos también, definiendo las líneas curvas, determinando la ubicación de vértices y principios de curvas, definiendo radios de curvas, empalmes y encontrando las intersecciones de éstos con los ejes principales, etc.

Interesa fundamentalmente identificar aquellos ejes que son comunes a varias estructuras, y los que se repiten en varias plantas o niveles.

Es muy posible (casi una certeza) que todos estos planos se encuentren expresados en distintos sistemas arbitrarios de referencia.

Lo mismo sucederá con el polígono límite del plano de mensura.

8.5.2: Posicionamiento

Una vez finalizado este proceso de armado de la estructura geométrica, la cual resultará ser una trama de líneas rectas, líneas curvas y puntos, al cual se suma el polígono límite de mensura; mediante el sistema de apoyo (si existe) o mediante el relevamiento de suficientes puntos existentes, y comenzamos a darles valores matemáticos, o dicho de otro modo, procedemos a georreferenciarlo dentro del Sistema de Referencia de la Obra.

Caso 1: Es muy probable que parte del proyecto (generalmente la planimetría general) ya se encuentre relacionado respecto al sistema de referencia utilizado en el relevamiento, por tal motivo, es muy importante haber encontrado previamente vértices del antiguo sistema de apoyo que fue utilizado en la captura de datos, a fin de vincularnos al mismo sistema.

El resto de los planos estarán vinculados entre sí, o a un par de ejes de referencia definido en la planimetría general.

Caso 2: Otra posibilidad es que los consultores hayan referenciado el proyecto respecto a un sistema propio en el AutoCad, que no existe en el terreno, (lo cual ocurre en la generalidad de las obras de arquitectura), se trata de un par de ejes ortogonales entre sí, coincidente con las direcciones principales de los ejes de los edificios.

El punto de intersección de los ejes principales de la Obra, es en el proyecto el origen del sistema, por tal motivo habrá que realizar previamente en el terreno, un levantamiento topográfico de varios puntos en común, para lograr la vinculación entre el sistema que se utilizó en el relevamiento original, con éste nuevo sistema, encontrando los parámetros de traslación y rotación.

Caso 3: Lo peor que puede suceder, es que ocurra lo antes planteado en el caso 2, con el agravante que los agrimensores o topógrafos que realizaron el relevamiento previo, también emplearon un sistema de referencia local y arbitrario, el cual no fue correctamente amojonado y además no se pudo encontrar en el terreno ni un solo punto común para ser vinculado.

En este caso, el Agrimensor deberá realizar el relevamiento nuevamente, confeccionar el plano en el sistema de referencia elegido y “encajar” el proyecto en el nuevo sistema.⁴

8.5.3: Confección del plano de replanteo

En todos los casos, confeccionamos un plano especial, un plano sólo destinado a los encargados del replanteo de la obra.

En el **sistema de referencia definitivo**⁵, volcamos la trama antes armada, de tal modo que ahora, cada línea, cada recta y cada curva, tendrá una definición matemática, **su ecuación**.

Y cada uno de los puntos (intersecciones de rectas, intersecciones de rectas con curvas, vértices, principios de curvas, fines de curva, inflexiones, etc) estarán definidos por coordenadas en **único sistema de referencia**.

A partir de allí, y con las referencia extraídas de los distintos planos de obras (distancias a ejes), verificamos o re calculamos y corregimos las coordenadas de los puntos de intersección, las ecuaciones de curvas y rectas, los parámetros de las curvas, etc.

Quedarán polígonos cerrados, de cuales se deberán verificar sus cierres lineales y angulares.



Asegurándonos que todos los polígonos o figuras cierren, estaremos asegurando gran parte del éxito del replanteo, pues estaremos partiendo de un modelo geométrico ajustado y controlado.

Si en cambio las figuras no cierran, o no empalman con los hechos existentes (y no somos consiente de ello como para hacerlo corregir por los proyectistas antes de comenzar con las obras), trasladaremos esos errores al campo y el resultado de nuestra gestión será un total fracaso debido a que partiremos de un **modelo geométrico defectuoso**.

⁴ Aunque parezca mentira, este es un caso bastante frecuente y por cierto muy costoso para la empresa que construye la obra

⁵ Procuraremos siempre transformar todo a un único sistema de referencia, y preferentemente emplear un sistema egocéntrico, a fin que toda la obra quede georeferenciada y por ende también los planos conformes a obra, y de ese modo que nos sea de utilidad en un futuro cuando otra nueva obra la modifique o interfiera con esta.

8.6: Clasificación de los ejes

La clasificación de los ejes empleada en este apunte, en principales, secundarios y auxiliares es totalmente personal; por tal motivo es muy difícil que coincidamos con otros colegas de la profesión, con mayor razón con los profesionales de otras disciplinas vinculadas a la construcción.

8.6.1: Ejes de replanteo en obras de desarrollo Superficial en general, y en particular en las obras de arquitectura.

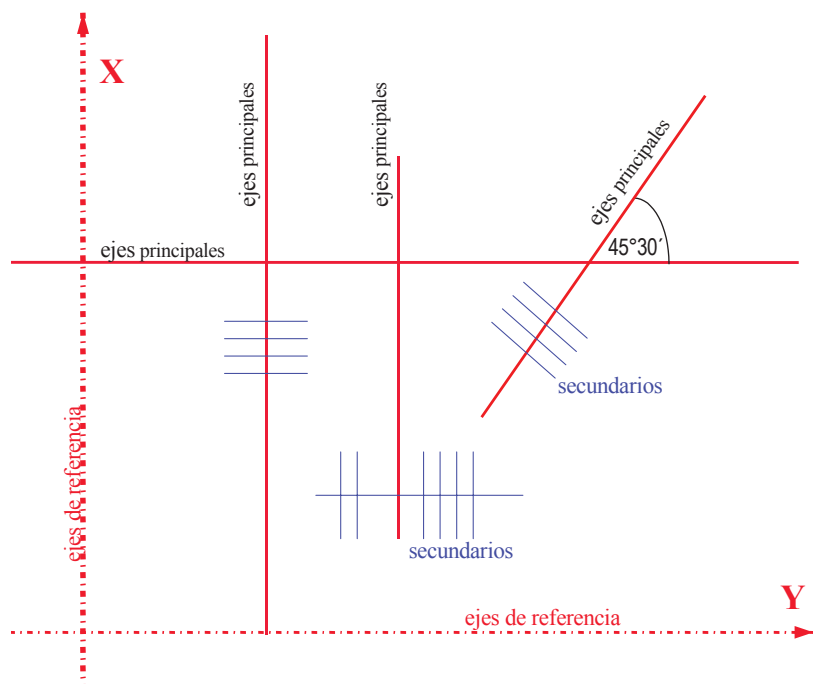
ejes de referencia:

llamaremos así a la dupla ordenada de ejes que definan el Sistema de Referencia plano local.

Generalmente se tratan de ejes de simetría, que pasan por el centro de una construcción; o son paralelos a una de las caras principales.-

ejes principales:

los ejes de replanteo principales de cada obra o edificio, son generalmente paralelos o coincidentes con los ejes de referencia.-



A estos ejes, estarán acotados o referidos todos los demás ejes (secundarios y auxiliares del bloque), como así también todas las demás líneas y figuras geométricas que lo componen, estrechamente vinculados a otros ejes principales.-

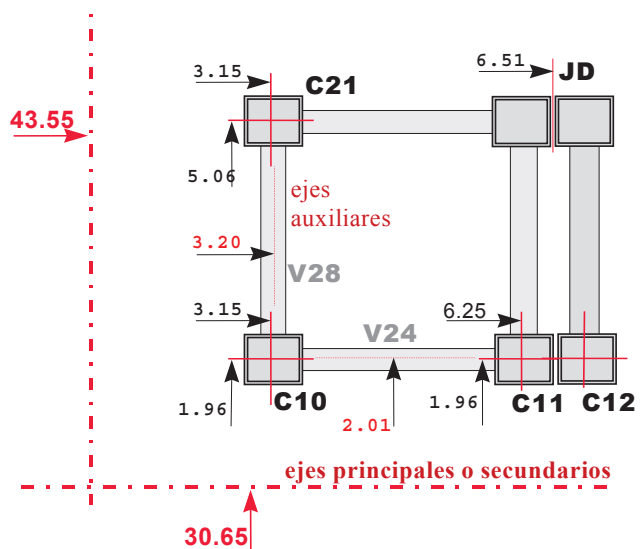
ejes secundarios:

llamamos así al conjunto de ejes que definen bloques, construcciones o subconjuntos, vinculados a la obra a través de los ejes principales.

Este conjunto de ejes pueden ser paralelos, perpendiculares, inclinados o rotados respecto de los ejes principales.-

ejes auxiliares:

Referidos o acotados a los ejes principales y secundarios (ejes de columnas, ejes de vigas, ejes de tabiques, ejes de instalación sanitaria, eje de juntas de dilatación, etc.).



8.6.2: Ejes de replanteo en las obras de desarrollo Lineal

ejes de referencia:

Lo más usual es emplear un sistema general, de tal modo que no se pueden ubicar ni replantear en el terreno los ejes de referencia (por ejemplo Inchauspe 69).- Al mismo tiempo existirá siempre un sistema local de coordenadas planas rectangulares, con origen de progresivas en el inicio de la obra; el eje de referencia **X (progresivas)**, coincidente con el eje de la traza.

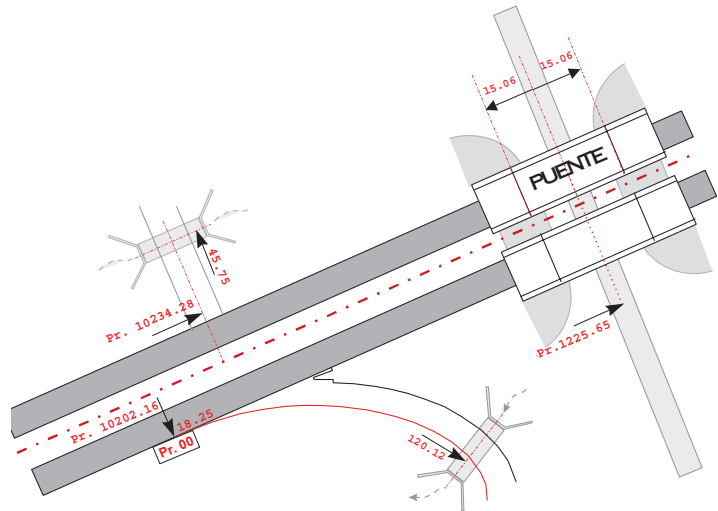
eje principal:

Coincidente con el eje de referencia **X**, es decir el eje geométrico de la traza de la obra, a él estarán acotados los ejes secundarios, líneas rectas y curvas y todas las demás figuras geométricas que componen esa obra, (obras de arte menores, puentes, canales, etc.)

ejes secundarios:

Se trata de un conjunto de ejes que representan bloques, referidos siempre a ejes principales.

- Caminos secundarios.
- Intersecciones. Colectores.
- Puentes
- Obras de Artes (muros, alcantarillas, canales)



ejes auxiliares:

Ejes vinculados a ejes principales, o secundarios (ejes de canales, de tabiques, de losas de aproximación, etc.)

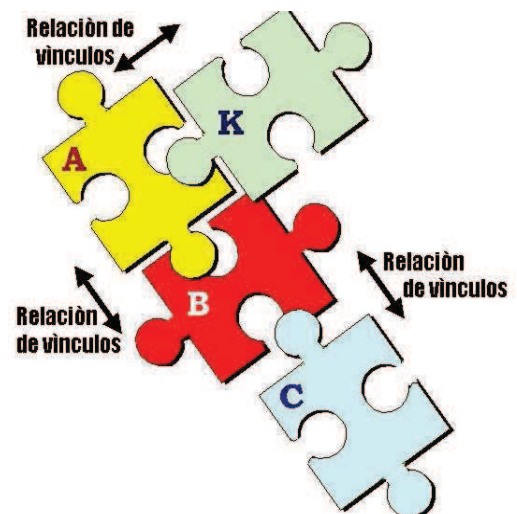
👉 El plano que nos ha quedado así dibujado, esta trama de líneas y puntos definidas matemáticamente, es la estructura geométrica básica de sustento que estábamos buscando, y resulta ser en definitiva lo que nosotros tenemos que replantear en el terreno.

👉 A este plano que nosotros hemos elaborado para exclusivo uso nuestro, lo vamos a llamar: “**El plano de REPLANTEO**” (el cual es el **modelo matemático** que pretendíamos obtener)

8.6.3: Análisis del Modelo

Habíamos comparado la obra de arquitectura o de ingeniería con un gigante puzzle, y habíamos afirmado también que cada una de sus piezas debía coincidir o empalmar con las demás, mediante un espacio de contacto generalmente muy estrecho.

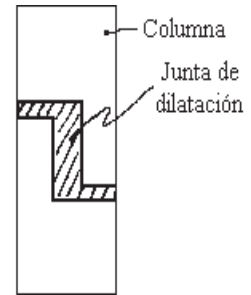
Al ser tan reducido deberá ser acotado, deberá estar enmarcado dentro de la tolerancia constructiva.



El modo en que se materializan las vinculaciones entre los bloques pueden ser de los mas variados tipos (conductos aéreos, ductos subterráneos, puentes metálicos, cintas transportadoras, red de desagües, red de drenajes, instalaciones, juntas de dilatación o juntas de contracción, piezas mecánicas, estructuras premoldeadas,etc.).

Por ejemplo, entre dos plantas pertenecientes a un mismo nivel de un edificio, el nexo de unión puede

ser las juntas de dilatación de las columnas. →



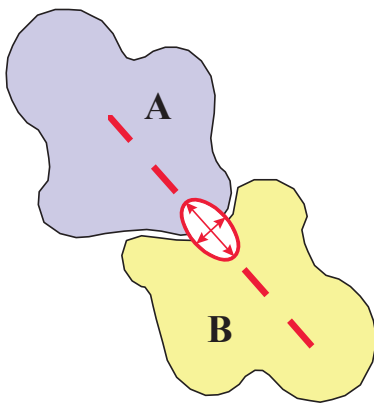
Observamos que el margen de movimiento entre los dos bloques será tan estrecho como lo es la separación de la junta de dilatación, lo cual en el mejor de los casos nos permitirá movernos en un círculo de error máximo de ± 1.5 cm.

Dicho de otro modo, en cada empalme de bloques, habrá una elipse de error máxima admisible, cuyos parámetros: **magnitud y dirección del vector**, dependerá de la relaciones de vínculos que se impongan entre los subconjuntos.(figura 1)

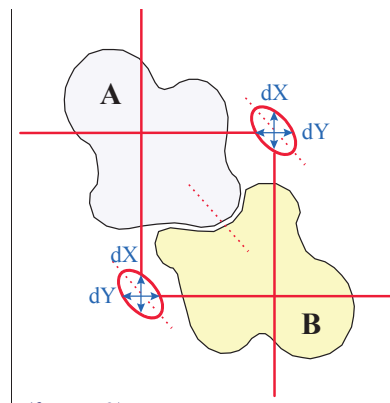
Cada una de las piezas de este puzzle, se generan y se desarrollan a partir de los ejes principales de cada subconjunto, de tal forma que si se aseguran la posición de los ejes, se asegurará también la unión entre las piezas.

En otra palabras, al vector error permitido en la unión de las piezas, lo trasladamos a la relación entre los ejes principales de replanteo de cada subconjunto, por supuesto que proyectado en la dirección de los mismos. (figura 2)

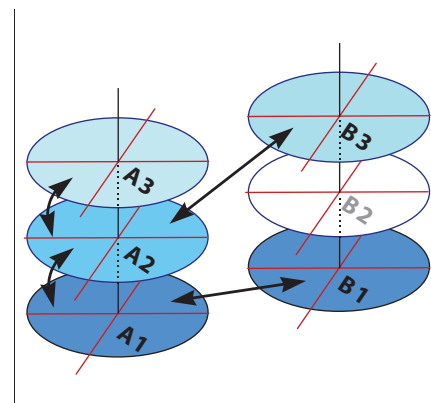
Es de destacar que esta estrecha relación que existe entre los subconjuntos, no sólo se refiere a contactos en un mismo nivel, sino que también se producen en layers o capas de distintos niveles y en capas cruzadas, dependiendo de las relaciones que se establezcan entre ellos. (figura 3)



(figura 1)



(figura 2)



(figura 3)

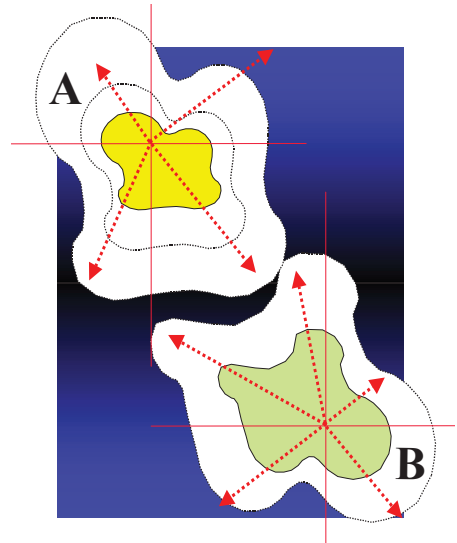
- Sobre el plano de Replanteo, identificaremos los ejes que componen los distintos sub conjuntos que integran el conjunto "Obra".
- Analizaremos los contactos o "vínculos" que entre los sub conjuntos se establecen y fundamentalmente analizaremos las tolerancias que dichos vínculos nos imponen.
- Calculamos para cada punto de contacto la elipse de error máxima admisible, y luego trasladamos ésta (en la dirección de los ejes) a los puntos donde se interceptan los ejes principales de cada sub conjunto.
- Conociendo las estrechas relaciones de vínculos que entre los sub conjuntos se producen, y a sabiendas que estas tolerancias constructivas son a las que nos debemos ajustar, planificaremos la metodología de trabajo conforme al instrumental que se dispone (o se pueda

obtener), y el diseño de la configuración del **Sistema de Apoyo principal** que mejor nos permita obtener los resultados buscados.

8.7: El Sistema de Apoyo del Replanteo

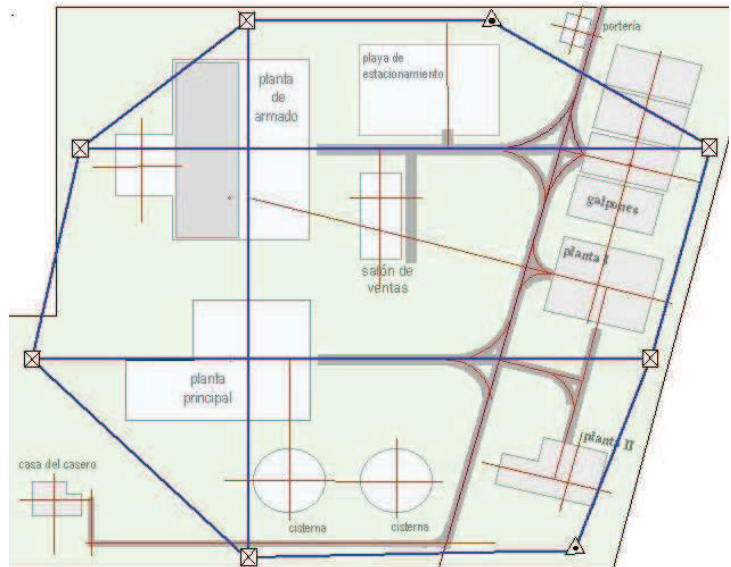
Tal como ya hemos dicho en reiteradas oportunidades, una obra de arquitectura o de ingeniería, no comienza en un punto y se desarrolla linealmente, sino que lo hace desde todos los frentes posibles, de tal manera que debemos crear y mantener una estructura geométrica suficientemente rígida que nos garantice que todos los sub conjuntos se vayan uniendo y empalmando entre sí, sin que se produzcan traslaciones, giros o errores de escala que impidan que las piezas encajen unas con otras con las tolerancia prefijadas.

Lo ideal sería que el marco de referencia de nuestro sistema de apoyo (real), la estructura física que le dé fundamento al sistema, coincidiera con la estructura geométrica ideal definida en el plano de replanteo.



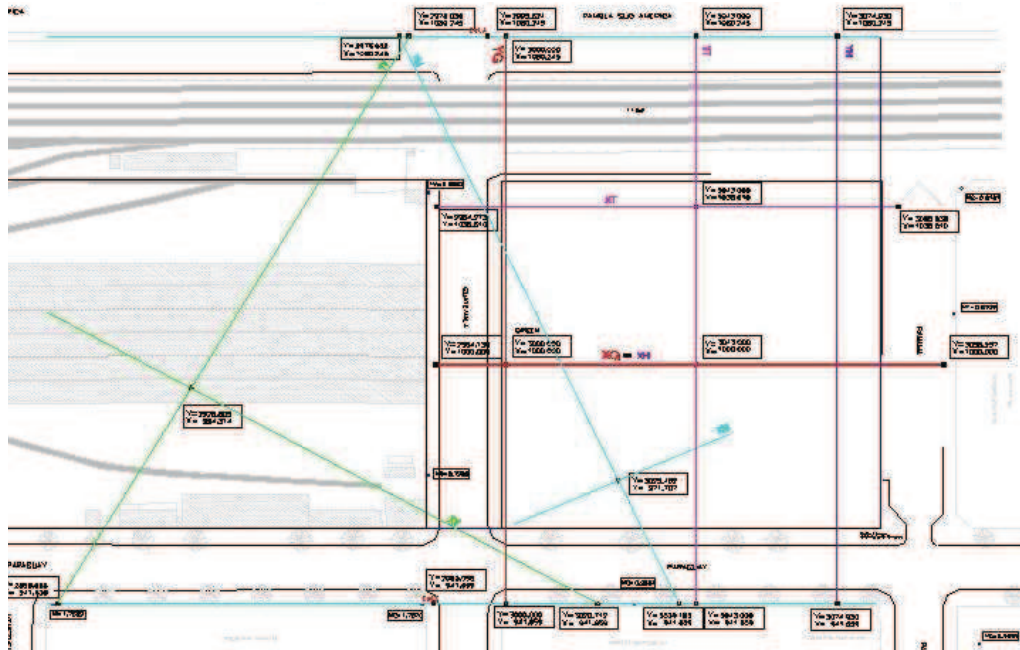
Sin embargo esto es imposible, ya que la gran mayoría de los puntos serían inmediatamente destruidos al comenzar con la limpieza del terreno para realizar los movimientos de suelos, y la construcción de la infraestructura.

Por lo tanto, tendremos que crear un **marco físico**, estrechamente ligado al ideal, en el mismo sistema de referencia que este, pero cuyos vértices se encuentren ubicados fuera de la zona de obra a fin evitar su destrucción.



En muchos casos, en especial en las **obras de arquitectura**, generalmente cerradas y limitadas a un entorno de trabajo reducido, nuestro sistema de apoyo puede incluir puntos materializados sobre los ejes principales de replanteo, pero siempre lo suficientemente alejados de la zona de trabajo.

En el esquema se muestra el sistema de apoyo principal empleado en el replanteo de la torre de ANTEL en Montevideo, como se puede apreciar, el sistema de apoyo estaba conformado exclusivamente por la concreción de los ejes principales, materializados mediante mojoneros de hormigón en lugares retirados de la zona de trabajo, al Norte se ubicaron en el cantero central de la Avenida, al Sur pegados al cordón de la vereda del frente, etc.

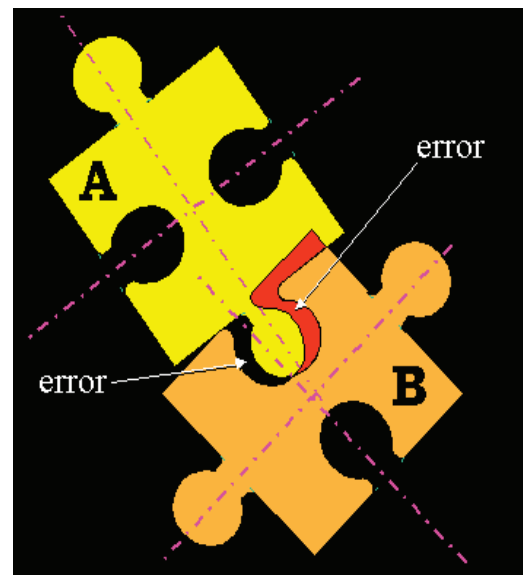


Sistema de Apoyo de la obra “Torre ANTEL” Montevideo

Imaginemos el estrepitoso fracaso de nuestro trabajo, si alguno de los bloques mencionados experimentase un desplazamiento, una rotación, un cambio de escala o un hundimiento.

Esto puede ocurrir por alguna de las siguientes causas:

- ❖ Un error del modelo matemático no detectado al realizar el Plano de Replanteo.
- ❖ Un error de medición o de replanteo, al materializar el Sistema de Apoyo.
- ❖ Un error de cálculo de coordenadas del Sistema de Apoyo.
- ❖ Una deficiente acotación de los errores de medición.
- ❖ Por una acumulación de sucesivos errores de medición en el replanteo.
- ❖ Por la destrucción, o por el movimiento de alguno de los vértices del sistema de apoyo, al que habíamos considerado “Fijo”.



Expondré a continuación algunos criterios que considero deberían ser requisitos a tener en cuenta en el momento de la planificación, el diseño y construcción del **Sistema de Apoyo principal** del replanteo.

1. Buscar la mejor **configuración** del sistema
2. Que sea **fijo** e inmovil.
3. Que **superviva** a la obra, e incluso pueda ser empleado muchos años después.
4. Que englobe o **encierre** a toda la obra.
5. Que la elipse de error en cada vértice, asegure se cumplan las **exactitudes** de vínculos exigidas en el replanteo de las obras y deducida del análisis de los **vínculos**.

8.7.1: Configuración del Sistema

Sobre el plano de Replanteo, teniendo en cuenta la distribución de los ejes, planificamos la figura y la forma de nuestro sistema de apoyo. Acercando dos o más vértices a las zonas de mayor exigencias de replanteo, (tanto en lo que se refiere a exigencias en cuanto a la cantidad de puntos a replantear, como también exigencias en cuanto a las exactitudes a considerar).

El sistema además, deberá adecuarse a la topografía del terreno, asegurando la ínter visibilidad entre los puntos. En este aspecto, un elemento fundamental a tener presente es el plan de avance de obras, a fin de garantizar la permanente visibilidad. Al comienzo, y mientras duren los trabajos de movimientos de suelo y construcción de la infraestructura, todos los puntos serán visibles entre sí, sin embargo, a medida que las obras vayan creciendo en altura, se perderá esta ventaja, si es que no lo prevemos con suficiente tiempo de antelación.

El mejor diseño será el que contenga la mayor cantidad de figuras cerradas, de formas regulares y lo más homogénea posible, lo cual garantice **rigidez** al sistema.

Siempre será conveniente, una vez diseñada la configuración del sistema, probarlo utilizando un software de “proceso de simulación de redes”.

8.7.2: Permanencia en el tiempo

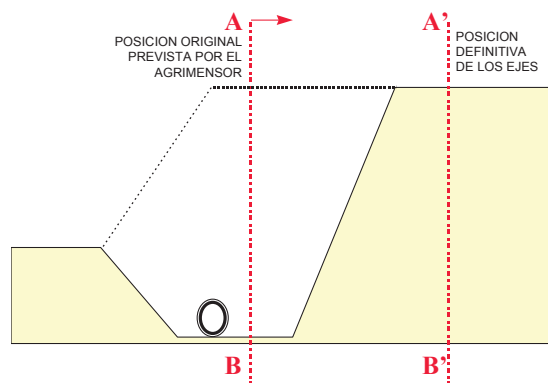
Reiterando conceptos ya antes expuestos, hablamos sobre la necesidad de **mantener durante todo el tiempo que dure la obra**, un sistema de apoyo totalmente rígido. Ello solo se consigue si los vértices que conforman el sistema son puntos fijos y estables.

Una vez construida la red de control, medida y compensada; se ha transformado en un modelo global, de tal modo que si se destruye algunos de sus vértices, por más que se reponga con el mayor de los cuidados, habrá causado un daño que habrá afectado a todo el conjunto de la red. De tal manera, que al construir nuestro sistema de apoyo deberemos hacerlo con la firme convicción que cada uno de sus puntos deberá subsistir todo el tiempo que dure la obra y aun mucho tiempo después, tal como veremos más adelante.

Para asegurar su inmovilidad los vértices del sistema de apoyo principal deberán ser colocados **fuera de las zonas de trabajo**, lejos del movimiento de máquinas y equipos. De tal forma que a la configuración previa, la que planificamos sobre el plano de replanteo deberá ser además consensuada con el Ing. Jefe de Obras, gerente de proyecto, o con el Ing. Jefe de producción, a fin de adecuarla a las metodologías de trabajo previstas.

Por ejemplo: El Agrimensor a planificado colocar una serie de puntos fijos sobre la línea AB, al consultar la viabilidad del mismo al Jefe de obra, éste le muestra que en esa zona se prevé realizar una excavación para la construcción de un “wellpoint” con el propósito de deprimir la napa freática, de tal forma que el Agrimensor se verá obligado a mover su base de replanteo varios metros, hasta superar la faja destinada a la excavación, la construcción de un talud estable y un espacio para el paso peatonal y de seguridad.

CORTE



En las obras de desarrollo superficial, siempre es conveniente colocar el sistema sobre el cerco olímpico o el muro perimetral, y si fuese posible sería mejor fuera de él, en las calles o veredas, tal como expusimos en el ejemplo anterior del sistema empleado en la torre de ANTEL.

En las obras de desarrollo lineal, conviene colocarlos sobre el alambrado que limita la zona de ocupación, y si fuese posible 0.50m dentro de la propiedad privada (solicitando permiso)

8.7.3: Monumentación

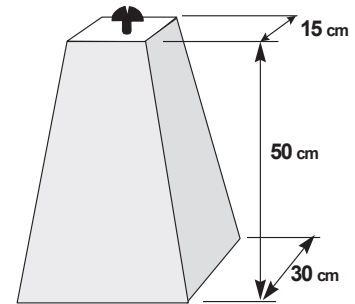
Estrechamente ligado a la permanencia en el tiempo se encuentra la manera de monumentar los puntos fijos del sistema de apoyo principal.

En primer lugar, mostraremos dos formas distintas de construcción de mojones.

1.- Mojón de hormigón premoldeado.

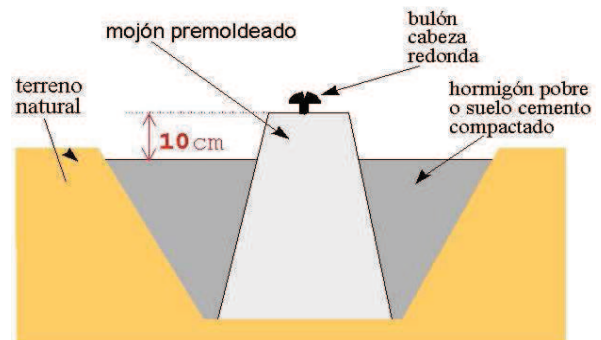
Construcción:

Los mojones se construyen en el obrador. Se utiliza un molde de tipo tronco piramidal, insertando un bulón cabeza redonda, con una cruz aserrada en el centro, esto tiene por objeto que los mismos sirvan para la red horizontal al mismo tiempo que para la red vertical.



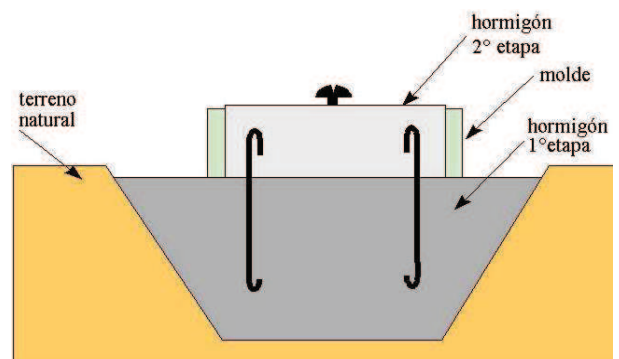
Colocación:

Para colocar estos mojones, se hace un pozo bastante mayor y se rellena con hormigón ciclópeo, hormigón pobre casi seco, o suelo cemento compactando con un pisón, dejando libre la parte superior en apróx. 10cm.



2.- Mojón de hormigón construido "in situ"

Cuando los mojones se construyen en el lugar, se cava un pozo de iguales dimensiones al anterior y se rellena con hormigón fresco hasta la altura del terreno natural, luego que éste ha comenzado con el proceso de fragüe, colocamos un encofrado de madera, cuyas dimensiones pueden ser de 30x30 ó 40x40, y de alto un ancho de tabla de pino de 15cm.



Posteriormente se enrasa el molde con hormigón de 2º etapa, conviene colocar algunos ganchos de hierro para asegurar la estructura.

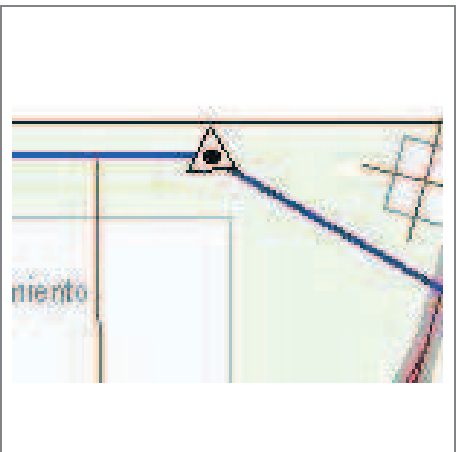
Luego de algunos minutos, y antes que fragüe totalmente el hormigón insertamos un bulón cabeza redonda, o una placa.

Hay **dos formas** de colocar los mojones:

1.- En forma libre: Fijamos la posición de los vértices en el sistema diseñado sobre el plano de replanteo, de allí obtenemos coordenadas gráficas o aproximadas de la ubicación de los puntos, luego en el terreno replanteamos dichas coordenadas y en ese lugar, en un entorno de radio flexible (depende de la conveniencia, visibilidad, obstáculos, etc.)

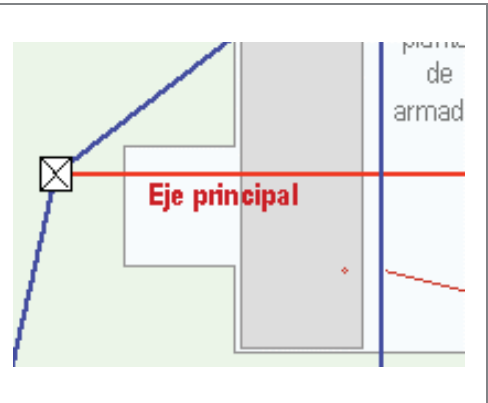
Colocamos el mojón premoldeado o construimos un mojón in situ, insertando un bulón cabeza redonda.

Las coordenadas definitivas del vértice, surgirán luego de la medición, cálculo y compensación de la red.



2.- Fijo: Se replantea la posición de los puntos fijos de la red que materializan los **ejes** principales, o los ejes secundarios de los bloques.

Una de las dos coordenadas: la **X ó la Y es fija**, mientras que la otra es variable, por lo tanto **tienen fija y definida una dirección**, es decir solo podrá desplazarse a lo largo de la dirección fijada, buscando la mejor ubicación en el terreno. En estos casos no podremos colocar el mojón premoldeado sino que se lo deberá construir en el lugar. Tampoco podrá colocarse un bulón con un punto, sino que deberá insertarse una placa.



En resumen:



Sistema Libre:

Mojón premoldeado u Hormigonado in situ - bulón con cruz p/ estacionamiento.



Sistema Fijo

Mojón Hormigonado in situ - placa p/ marcación.

Cuando nos planteamos la construcción de un sistema fijo; al construir los mojones que deben responder a la dirección prefijada, insertaremos una placa cuyas dimensiones deben ser tal que nos garanticen asegurar que la dirección replanteada caiga sobre la superficie lisa de la placa (*figura a*), y no que pueda ocurrir que caiga sobre la superficie irregular del hormigón (*figura b*).

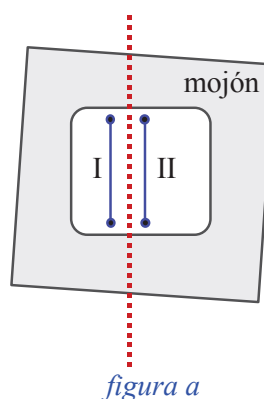


figura a

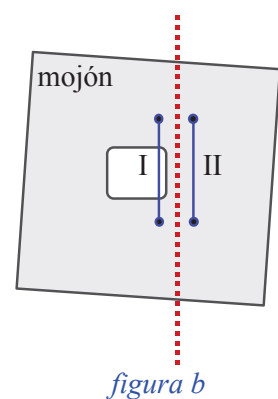


figura b

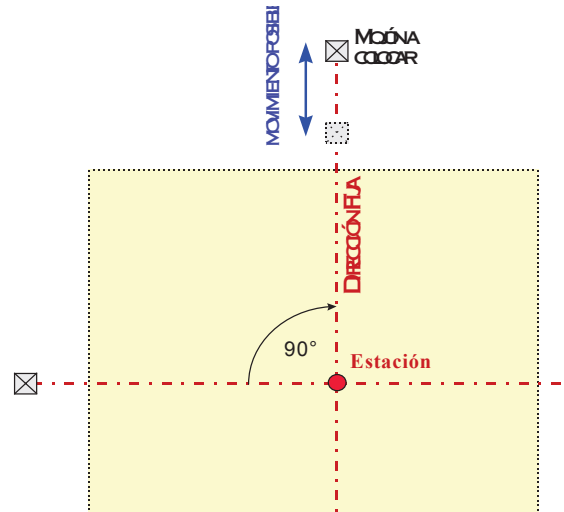
Procedimiento de colocación de un mojón sobre una dirección fija: Supongamos se desee colocar un mojón con coordenada Y fija, sobre un eje principal paralelo al eje de referencia X. Cuyo esquema en planta se gráfica en la columna adyacente.

1.- Se replantea la dirección, desplazándonos sobre la misma buscando el lugar más conveniente, (cerco perimetral).

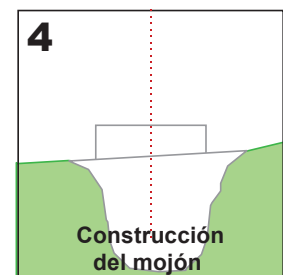
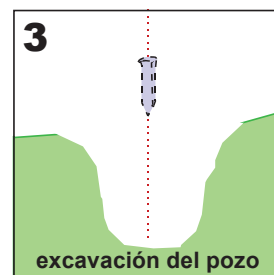
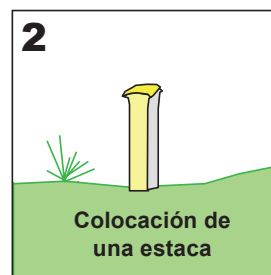
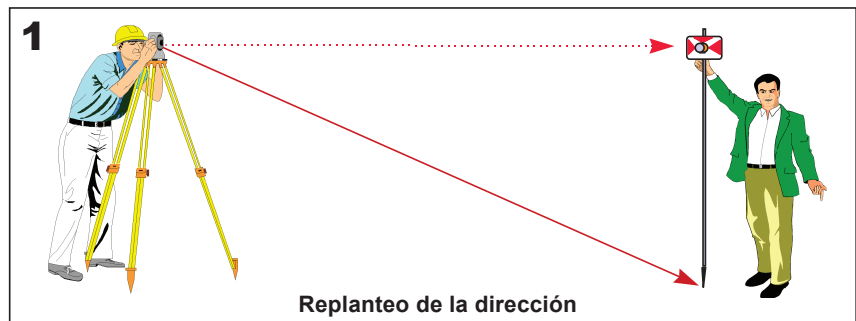
2.- Colocamos una estaca marcando el lugar elegido, precisión en la alineación ± 2 cm.

3.- Los ayudantes abalizarán la estaca mediante una cruz de hilo y luego retirarán la estaca para realizar la excavación del pozo.

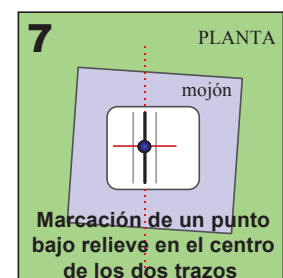
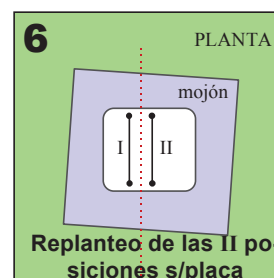
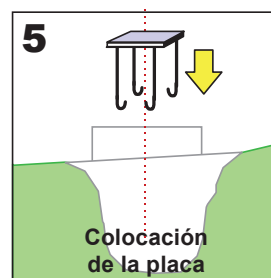
4.- luego realizarán la colada de hormigón, colocarán el molde y terminarán con el llenado.



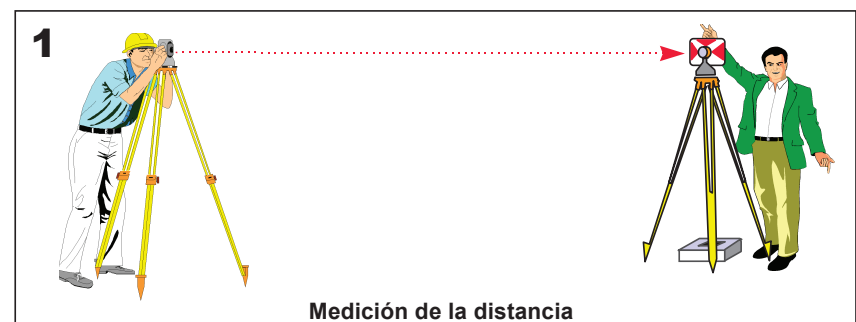
5.- Momentos después, cuando haya tirado un poco el hormigón colocarán el inserto en la posición que antes estuvo la estaca. Sin embargo, y a pesar que en la mayoría de las veces se realizó una cruz de hilos, la posición se habrá movido algunos cm, por tal razón conviene que la placa sea de 6 x 6cm ó 10 x 10cm, a fin de asegurar que el punto caiga sobre la placa. La placa puede ser de acero, chapa o aluminio, de 3mm a 5mm de espesor, y con ganchos soldados para asegurar su inmovilidad.



6.- Finalmente, una vez haya fraguado totalmente el hormigón de los mojones, se trazarán las direcciones, en las dos posiciones del círculo (y se repetirá esta operación tantas veces como lo solicite la acotación de errores)



7.- luego marcamos el punto con un punzón de acero, en la dirección promedio de las II posiciones del círculo.



8.- Finalmente, mediante el empleo de un juego de prismas colocado sobre un equipo de centración forzosa sobre base nivelante, estacionado sobre el punto que se acaba de marcar, se medirá la distancia a los fines de poder determinar el valor de la coordenada **X**.

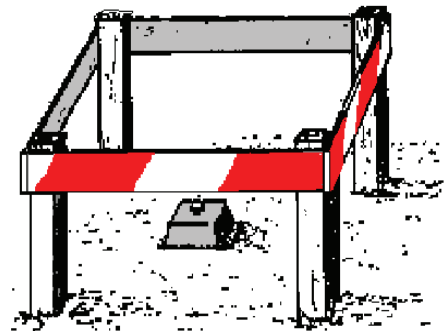
8.7.4: Protección de los mojones

Concluida la monumentación, procederemos inmediatamente a publicitar y a proteger el trabajo realizado. Tal como ya se dijo, una vez medida y compensada la red horizontal, reponer un punto destruido tiene un altísimo costo, ya que no podemos hacerlo a partir de un abalizamiento, sino que deberíamos hacerlo desde los otros puntos de la red, y no podemos realizar nuevamente el proceso de medición y cálculo de compensación, pues se modificarían las coordenadas que deben ser fijas de los otros puntos.

De tal manera, (en la generalidad de los casos), punto fijo del sistema de apoyo principal que se destruye, se pierde para siempre. Es por este motivo que necesitamos proteger nuestros vértices y para ello es necesario que se vean.

- Fundamentalmente que lo vean los choferes de máquinas de movimientos de suelos (motoniveladoras, motopalas, topadoras, cargadoras frontales, retroexcavadoras), y choferes de camiones, grúas y camiones mixer.

Hacemos un vallado de protección, como lo indica el croquis, de madera (o de caños acrow), pintada con colores llamativos (rojo y blanco, por ej.)



Los tirantes esquineros deberán ser hormigonados al suelo, para evitar su remoción, dejando un espació suficiente para poder trabajar cómodamente con un teodolito o estación total.

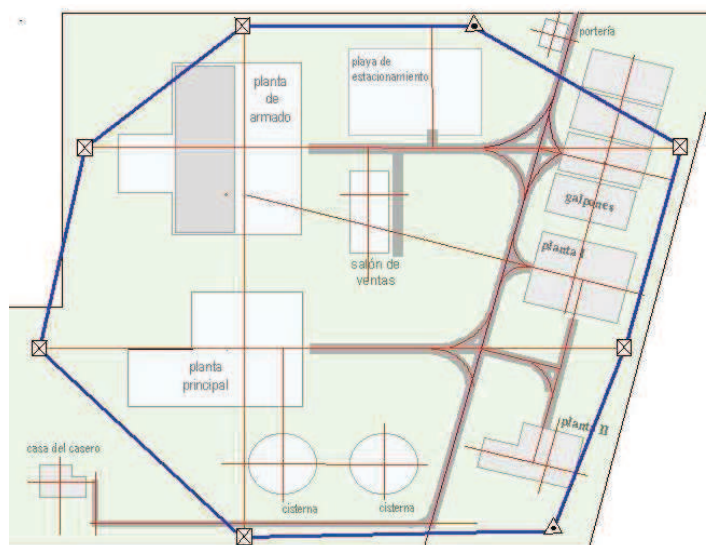
Cuando las obras están ubicadas dentro de zonas urbanizadas, en el caso de vértices cuya posición es libre, o bien sea fijo pero las tolerancias lo permitan, se pueden reemplazar los mojones por clavos de acero, insertos en las estructuras de hormigón existentes: cordones de veredas, muros, muretes de hormigón, etc.

8.7.5: Cierre de la obra

Otra condición que nos habíamos impuesto era que el Sistema de Apoyo principal encierre toda el área de trabajo, esto tiene por objeto que todos y cualquier punto que se replantee desde sus vértices, siempre resulten interpolados o contenidos dentro del marco y no sea el resultado de una extrapolación que ocurra fuera del marco.

El croquis nos muestra una alternativa de Sistema de Apoyo, diseñado sobre el ejemplo que veníamos analizando.

Hemos dejado fuera del marco solo la vivienda del casero, donde se supone la tolerancia de vínculo será muy generosa.



En el croquis observamos que el sistema de apoyo diseñado se trata de un sistema híbrido, combinando vértices cuya posición se estableció libremente con otros que fueron colocados en la dirección de los ejes principales.

8.7.6: Precisiones

Las elipses de error máximas admisibles en los vértices del Sistema de Apoyo Principal, estarán condicionadas a las elipses de tolerancias establecidas para la relación de vínculos. Volvemos a repetir el algoritmo que antes ya habíamos planteado: $e_P = \pm e_S \pm e_r$ es decir:

- ❖ Entre dos bloques tenemos definido una tolerancia constructiva (vínculo).
- ❖ Trasladamos dicha elipse de error a los ejes de replanteo.
- ❖ El semieje mayor de dicha elipse de error, deberá ser inferior a (e_P), el cual es la suma de vectorial de dos errores, el error de medición de replanteo (e_r) y el error de sistema de apoyo (e_S)

Por tal motivo, y de igual forma como lo hicimos ya antes, fijando el método de replanteo, conociendo el instrumental que se utilizará, deduciremos la elipse de exactitud para cada vértice de la red.

$$e_S = \pm \sqrt{e_P^2 - e_r^2}$$

En los puntos fijos que están colocados en la dirección de los ejes principales, estos serán usados para aplicar un método de replanteo denominado “alineaciones”, lo cual según veremos más adelante, en el empleo de este método **NO** realizamos mediciones angulares **NI** mediciones lineales, por lo tanto en estos vértices, la elipse del sistema se reduce a la siguiente expresión:

$$e_r = 0 ; e_S = \pm \sqrt{e_P^2} = \pm e_P$$

en otras palabras, la elipse de tolerancia se traslada directamente al vértice del Sistema Principal, de tal modo que el radio mayor de la elipse de precisión, deberá ser al menos dos veces inferior al anterior.

8.8: Los Sistemas de Apoyo Secundarios

Los vértices del Sistema de apoyo principal, sólo se utilizarán para replantear los vértices de los sistemas secundarios y los puntos auxiliares.

A su vez, desde el sistema de apoyo secundario se replantearán los ejes auxiliares, los puntos singulares y **la obra en sí**.



El **Sistema Principal** se preocupa por todo el rompecabezas, por que todas las piezas encajen en su lugar y con las tolerancias de los **vínculos**.

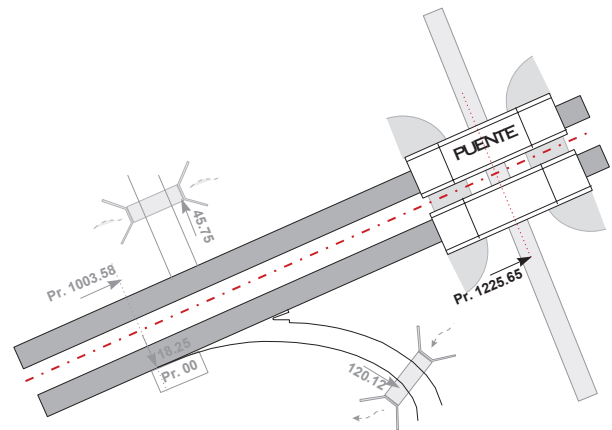
Los **Sistemas secundarios** se encargan de cada una de las piezas, se preocupa que cierre dentro de las tolerancias fijadas cada uno de los bloques.

Un ejemplo claro es el siguiente:

En el conjunto que es una obra vial, un puente es un subconjunto.

Habrà un sistema principal que involucre a todo el camino y en ese caso, la relación de vínculos que se establece entre toda la obra “camino” y el puente podemos imaginarlo en $\pm 0.20\text{m}$ en las dos direcciones (longitudinal y transversal), y ésta será la tolerancia a cubrir desde el sistema principal.

Por el contrario, en el subconjunto puente, entre los ejes de pilas y estribos habrá una tolerancia mucho más ajustada, la cual podemos pensar en valores inferiores a 1 cm.

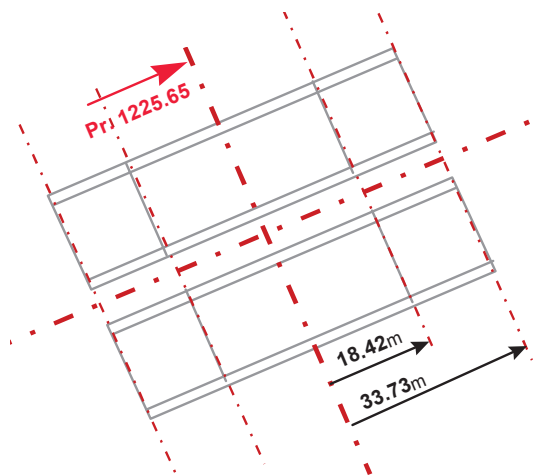


8.8.1: Configuración del Sistema

Habrà que construir un Sistema Secundario para replantear estos ejes, asegurando esta tolerancia.

Luego debemos replantear el sistema secundario, lo cual no tiene la misma libertad que tenía la colocación de mojoneros para el sistema primario o principal, ya que en todos los casos una de las dos coordenadas será fija.

Por tal motivo la forma de proceder en el replanteo de puntos secundarios será **materializando los ejes** es decir, como lo hecho en los puntos de dirección fija del sistema principal.



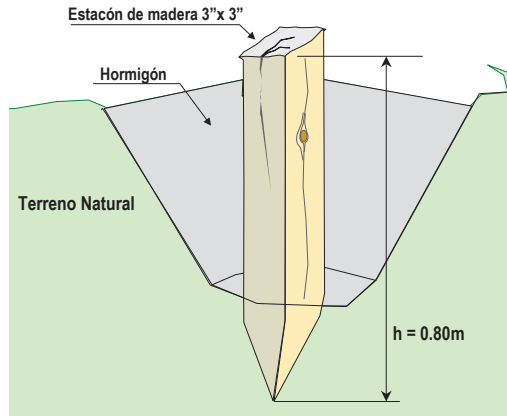
8.8.2: Permanencia en el tiempo

El sistema secundario es temporal, se replantea sólo en el momento necesario y debe perdurar específicamente lo que dura la construcción de la obra para la cual fue creado.

Por ejemplo: Si en el plan de obra, se prevé que la construcción del puente se realizará en el mes 10, el sistema secundario para el replanteo del mismo se construye en ese momento, (y no antes) a fin de evitar su destrucción. Si ésta tarda 3 meses en ejecutarse, tendrá que asegurarse que los puntos del sistema secundario, se mantengan fijos y estables, tan solo durante ese tiempo.

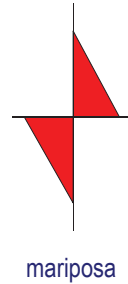
8.8.3: Monumentación

Dado su carácter de temporalidad, en algunos casos podemos aceptar la monumentación de los puntos empleando otros materiales que no sean hormigón con una placa de acero inserta, como por ejemplo estacones de madera hormigonados, sobre los que se marca el punto colocando un clavo sin cabeza. Los estacones de madera, deberán tener una sección grande a fin de poder replantear las direcciones en II posiciones, tal como lo hicimos antes con las placas de acero.



Es conveniente entonces, utilizar estacones construidos con tirantes de 3" x 3".-

Como la línea se puede replantear teniendo un punto y una dirección no siempre es necesario amojonar dos puntos, por ejemplo, si sobre la línea se encuentra la pared de un edificio, sobre ella y lo más alto posible podemos dibujar una señal (mariposa) para reconstruir la línea apuntando hacia ésta, cada vez que lo necesitemos.



En cuanto a la protección de los mojones del sistema secundario, vale todo lo dicho para el sistema principal.-

8.8.4: Precisiones

Como en los sistemas secundarios replanteamos puntos sobre ejes, la elipse de error se transforma en un "intervalo de error", que puede ser dX o dY.

Las tolerancias que debemos cubrir en el replanteo de los vértices del Sistema Secundario, dependerá exclusivamente de cada obra en particular, éstas serán generalmente mucho más ajustadas que las relaciones de vínculo, pero al ser las distancias entre los ejes más reducidas que el conjunto total, en la mayoría de los casos puede lograrse sin problemas.

Supongamos un ejemplo:
La tolerancia entre los ejes es:

$$dY = \pm 5 \text{ mm.}$$

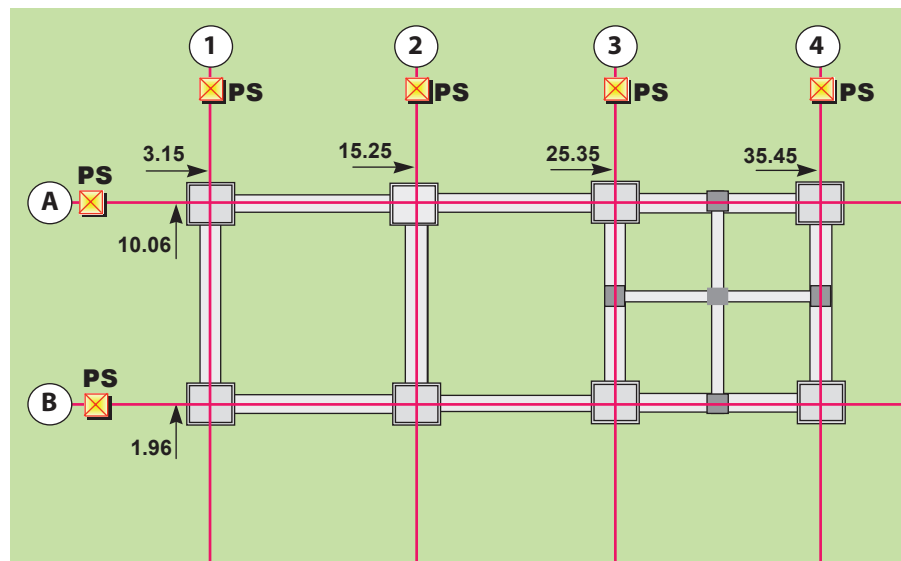
la mayor distancia es:

$$L = 12\text{m.}$$

$$\text{luego: } dY / L = \pm 5 / 12000 =$$

$$\pm 1 : 2.400$$

recordemos que una buena ruleta de acero nos garantiza 1:10.000, en una distancia de 12m.



En casos especiales, cuando las distancias son más largas o las precisiones a lograr microgeodésicas, habrá que pensar en redes horizontales con mediciones supernumerarias a efectos de planear una compensación.

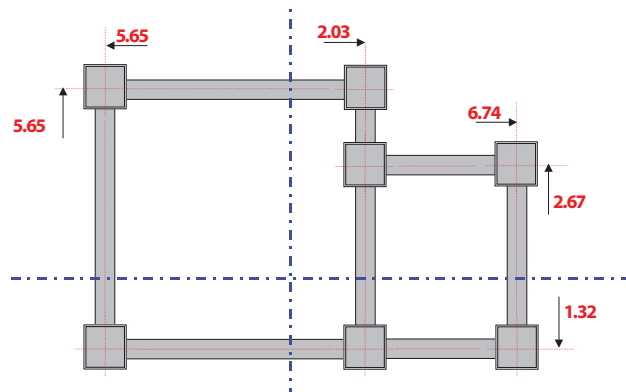
8.9: Diferencias entre Sistema Principal y Secundario.

	SISTEMA PRINCIPAL	SISTEMAS SECUNDARIOS
alcance	Toda la obra en su conjunto	Sólo el bloque a construir
cantidad	Un sólo sistema que encierra toda la obra	Tantos como bloques, etapas o capas haya.
momento de la construcción	En el inicio de los trabajos	En el momento de la construcción del bloque
durabilidad	Todo el tiempo que dura la obra	Sólo el tiempo que dura la construcción del bloque
precisión	Lo fija la relación de Vínculos	Lo fija cada bloque en particular
diseño de la red	Figuras cerradas - Regulares	Líneas rectas - ejes
monumentación	mojones de hormigón	mojones de hormigón o estacones de madera con clavo
sistema	Libre – Fijo - Híbridos	Sólo fijo.

8.10: Replanteo de puntos del Sistema Secundario

Supongamos que se desee replantear un bloque perteneciente a la obra, imaginemos un caso muy simple, tal como el esquematizado en la figura.

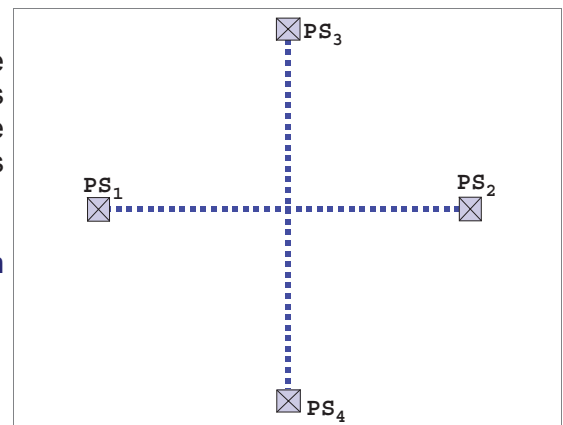
Vemos que los ejes de las columnas, vigas, tabiques, etc.; están referidos a un par de rectas perpendiculares entre sí.



De modo tal que será suficiente que se materialicen los dos ejes secundarios en las direcciones ortogonales, los demás ejes, los marcan los capataces, sobrestantes o encargados de la construcción, tomando como guía los ejes ya replanteados.

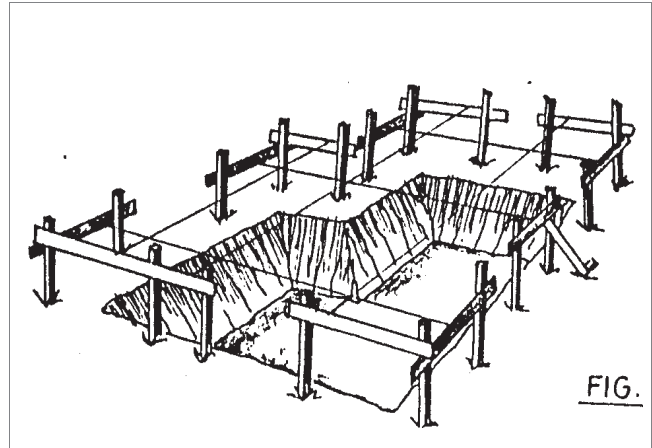
Una línea recta es en la teoría una sucesión infinita de puntos, pero no podemos replantear en el terreno los infinitos puntos que la componen, de modo que sólo se materializan dos puntos genéricos de cada una de las rectas.

Esos dos puntos que definen cada recta, se tratan de vértices del Sistema Secundario.



En todas las obras de arquitectura, en las obras de ingeniería de desarrollo superficial, en las obras de artes, puentes y muros de sostenimiento en las obras de desarrollo lineal; se rodea la zona del futuro emplazamiento de la obra, con caballetes de madera, o con vallados contruidos en caños "acrow".

Los caballetes se construyen de modo tal que quede espacio suficiente entre el cerco y la obra, a fin que puedan circular los trabajadores con comodidad, y además puedan trasladar los materiales y equipos necesarios.-

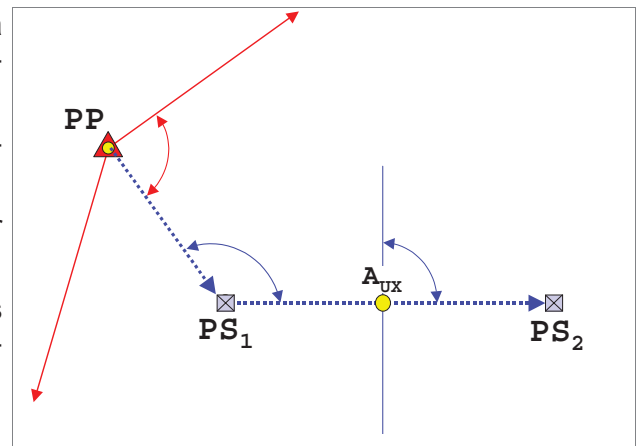


Se replantea la alineación recta desde el Sistema principal, mediante la materialización de dos puntos (**PS**) del sistema secundario.-

Siempre provocando el ángulo en las dos posiciones del círculo

Colocamos un punto auxiliar (estaca) en el lugar que se necesita levantar la perpendicular.- (Aux)

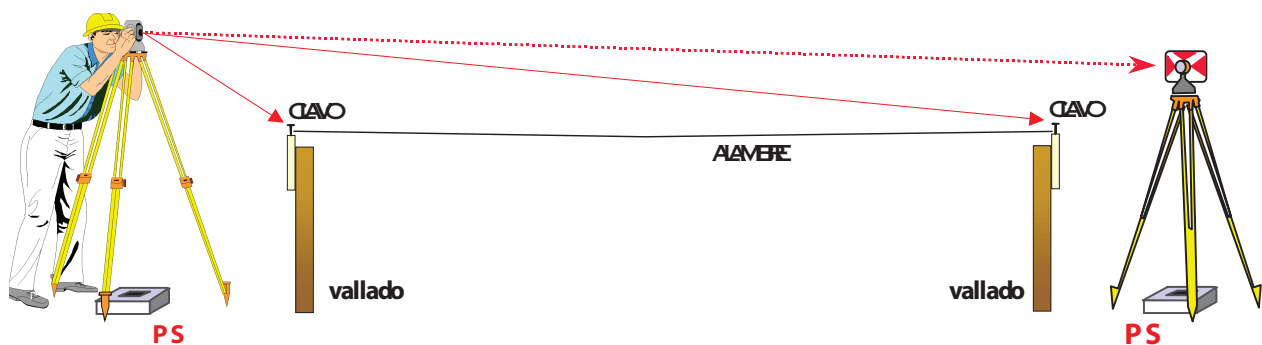
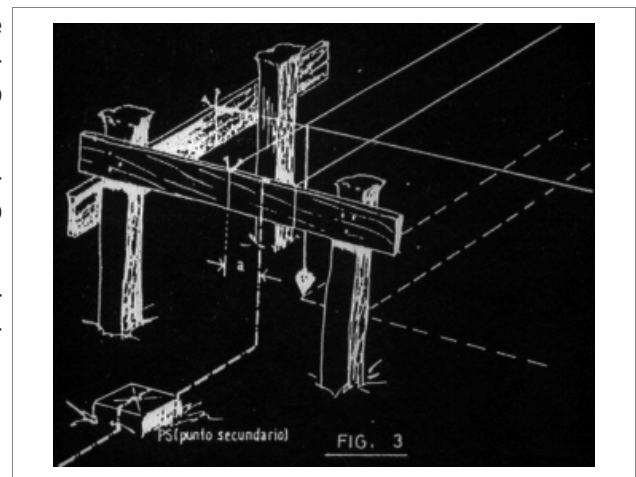
Y procedemos a replantear los 90° también en las dos posiciones, colocando los puntos secundarios correspondientes

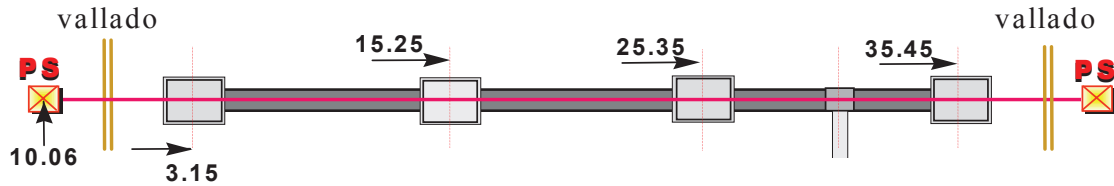


Luego estacionando el teodolito sobre uno de ellos y haciendo puntería sobre una señal colocada sobre el otro **PS**, materializamos el plano vertical que los contiene.

En la intersección de este plano con los caballetes, se coloca un clavo que materializará el eje o la alineación recta replanteada.

De estas marcas, los constructores atarán alambres o tansas de nylon, con el objeto de materializar los ejes, las aristas o las intersecciones.





VISTA EN PLANTA

Los puntos secundarios deberán permanecer el tiempo que dure la construcción del bloque, ya que se los va a emplear en reiteradas oportunidades, cada vez que haya que hacer un control de alineación o de verticalidad.

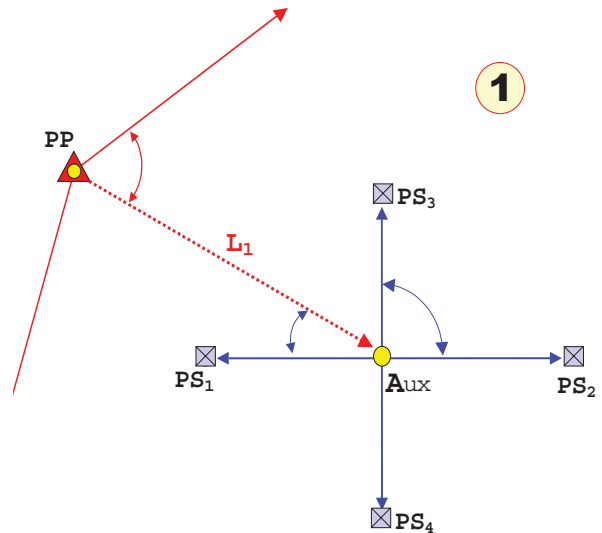
De modo tal que el replanteo y la colocación de los puntos secundarios, podemos hacerlos varias maneras:

8.11: Modos de Replanteo vértices del sistema secundario

En el esquema antes visto, planteamos un modo de solución para el replanteo de una cruz, (que materializa un sistema secundario) realizado desde el sistema principal. Pero podríamos plantear distintos modos de hacerlo:

1

- 1) Estacionados en el vértice del sistema principal, replantear un punto auxiliar, el centro de la cruz. (tolerancia de vínculo).-
- 2) Estacionados en el punto auxiliar, replantear el ángulo de orientación y colocar PS1, vuelta campana y colocar PS2 (siempre trabajando en las 2 posiciones del círculo)
- 3) Replantear 90° y colocar PS3 y luego dando vuelta campana PS4.-



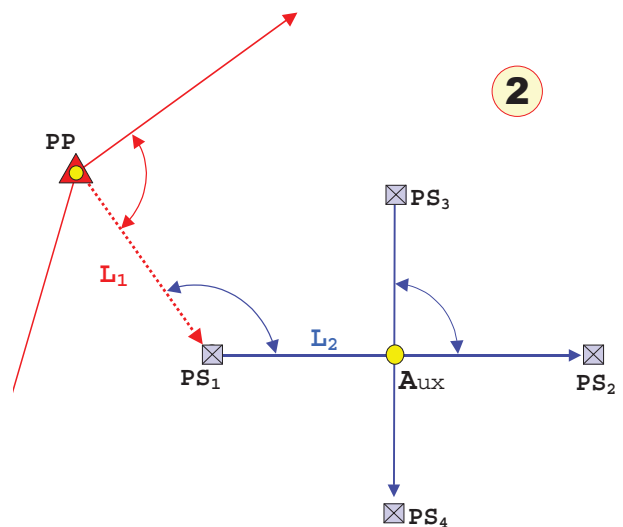
2 Estaciones

3 replanteos de ángulos (II pos.)

1 medición de distancia

2

- 1) Estacionado en el vértice del sistema principal, replantear el punto PS1 (tolerancia de vínculo).-
- 2) Estacionados en el punto secundario, replantear el ángulo de orientación y colocar PS2, y alineado sobre la misma línea, replanteamos la posición de un punto auxiliar (tolerancia de vínculo)
- 3) Replantear 90° y colocar PS3 y luego dando vuelta campana PS4.-



3 Estaciones

3 replanteos de ángulos (II pos.)

2 medición de distancia

3

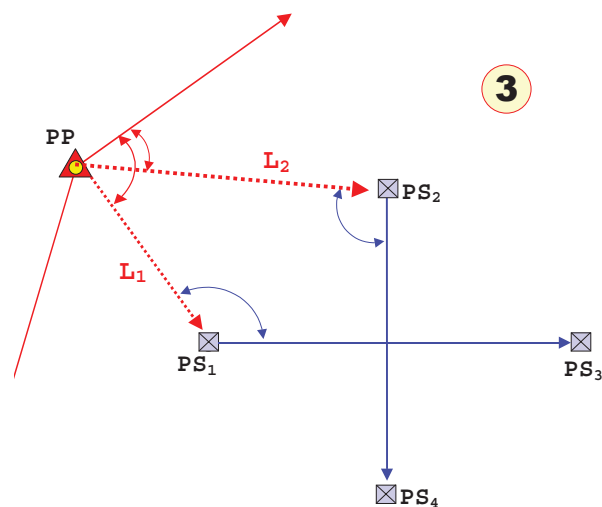
- 1) Estacionado en el vértice del sistema principal, replantear dos vértices del sistema secundario. (tolerancias de vínculo)
- 2) Estacionados en cada uno de los puntos auxiliares, replantear los dos ángulos de orientación y colocar PS3 y PS4 (con la tolerancia que fija el sistema secundario)

3 Estaciones

2 replanteos de ángulos (II pos.) con tolerancia de vínculos.

2 replanteos de ángulos (II pos.) con tolerancia fijadas por el sistema secundario.

2 mediciones de distancia



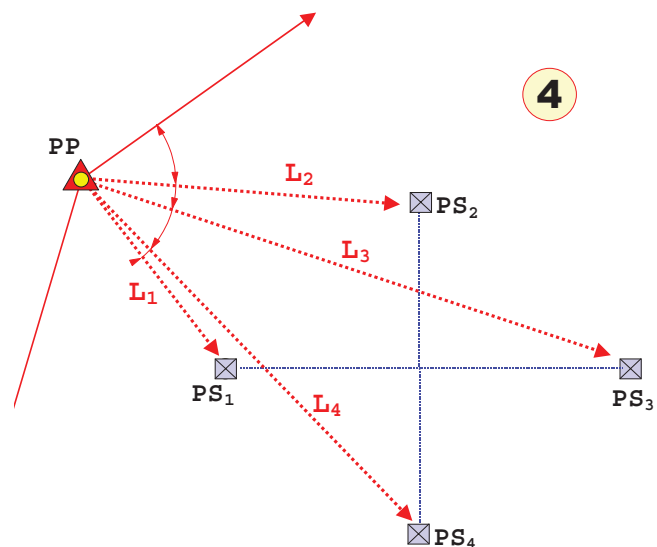
4

- 1) Estacionado en el vértice del sistema principal, replantear los cuatro vértices del sistema secundario. (tanto el replanteo de la medición angular como las mediciones de las distancias deberán realizarse con la tolerancia que fija el sistema secundario)

1 Estación

4 replanteos de ángulos (II pos.) con tolerancia fijadas por el sistema secundario.

4 mediciones de distancia con tolerancia fijadas por el sistema secundario.



Como podemos apreciar, en cuanto a velocidad refiere, éste último es el modo más rápido de realizar el replanteo de un sistema secundario, ya que estacionamos una sola vez el aparato de medición, pero observamos que es el modo más trabajoso, ya que debemos garantizar el error máximo admisible del sistema secundario (siempre mucho más exigente que la tolerancia de vínculos), en los cuatro vértices, de modo tal que deberá realizarse una acotación muy ajustada de las mediciones. Además implicará un esfuerzo mayor en campaña, recordemos que las distancias se suponen serán bastante largas, ya que los vértices **PP** del sistema Principal. Se encuentran siempre retirados de la zona de trabajo.-

El modo más adecuado resulta ser entonces, el planteado en primer término, ya que si bien implica la puesta en estación una vez más del equipo (2 estaciones), pero esta forma de proceder nos permite trabajar desde el sistema principal con las tolerancias fijadas por la relación de vínculos, facilitándonos considerablemente las tareas de campaña.

“...Si es difícil mirar un instante la cara de la muerte, que amenaza paralizar nuestro brazo; lo es más resistir toda una vida los principios y rutinas que amenazan paralizar nuestra inteligencia. Entre nieblas que alternativamente se espesan y se disipan, los visionarios ascienden sin reposo hacia remotas cumbres. La mayoría las ignoran, pocos son los elegidos que pueden verlas y poner allí su ideal ...”

“...El hombre mediocre que se aventura en la liza social tiene apetitos urgentes: el éxito inmediato. No sospecha que existe otra cosa: la gloria, ambicionada solamente por los caracteres superiores. Aquél es un triunfo efímero, temporal, al contado; ésta es definitiva...”

“El éxito se mendiga, la gloria se conquista... ...se conquista con la fe, el entusiasmo, la pasión, el arrojo: de ellos vive, los quiere en la intención y en las obras.”

“No existe virtud cuando los actos desmienten las palabras, ni cabe nobleza donde la intención se arrastra...”

JOSÉ INGENIEROS

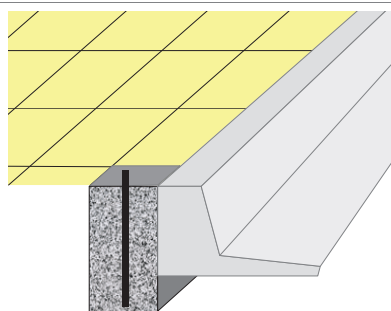
“El pensamiento humano extendido a una idea mejor, ya no retrocede jamás a sus dimensiones anteriores”

anónimo

8.12: Sistema de Apoyo Altimétrico

A los fines de no realizar un doble trabajo y a la vez tener más puntos que cuidar y conservar, conviene adoptar como puntos fijos del **sistema altimétrico principal**, los mismos vértices antes materializados del sistema planimétrico principal, de tal forma que no es conveniente tener dos sistemas separados, sino un único sistema, cuyos vértices estarán definidos por las coordenadas **X, Y y h**.

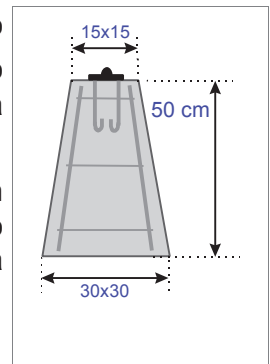
Los **puntos fijos secundarios**, se van colocando a medida que avanza la obra (conforme a las exigencias), son independientes de los planimétricos ya que por una parte sus exactitudes se manejan de manera muy distinta, y por otra, porque un solo punto fijo altimétrico, puede servir para el replanteo de muchos bloques al mismo tiempo. Son más sencillos de colocar que los puntos secundarios planimétricos pues no necesitan ser replanteados en un lugar o una posición determinada, sino que se lo ubica en lugares cómodos y seguros.

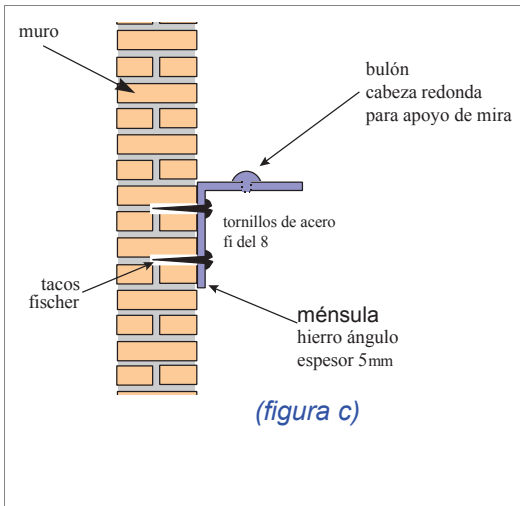


(figura a)

Pueden estar materializados por un hierro de construcción ($\phi = 16$ o $\phi = 20$), enterrado y hormigonado, o retirando una baldosa de vereda en zona urbana. (figura a).

Puede tratarse de un mojón de hormigón pre elaborado al que se le ha insertado una placa de acero con un bulón cabeza redonda (figura b);



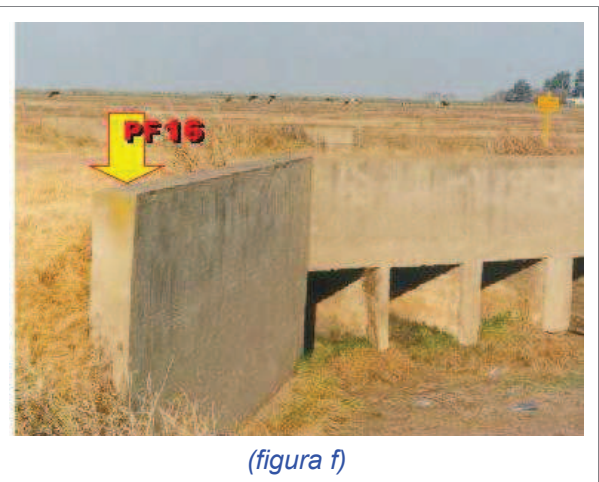
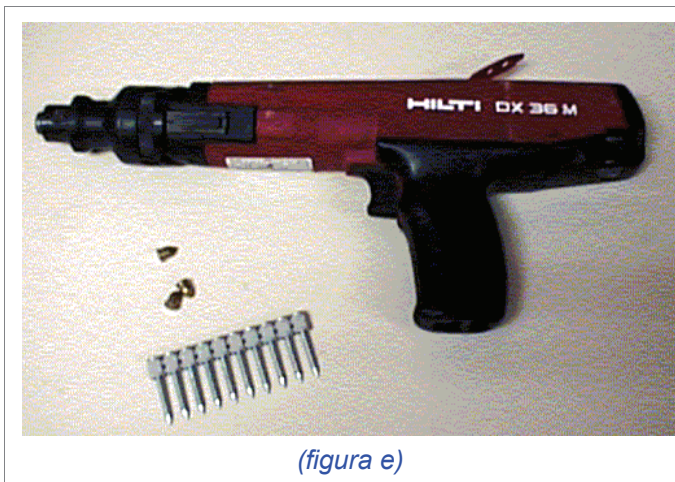


En las zonas urbanas colocando hierros ángulos (ménsulas), insertas en las mamposterías de los edificios, o abulonadas con insertos tipo “fisher” colocados en columnas de hormigón o muros de mampostería (figura c).
 Conviene que éstas queden a la altura de aprox.1 m del suelo, para evitar su destrucción.



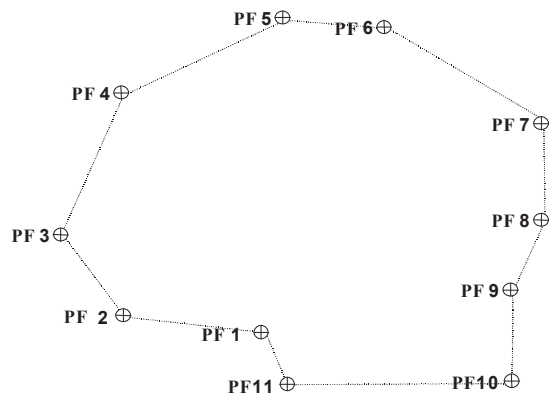
A medida que la obra sigue creciendo, se continúa densificando la red con nuevos puntos fijos altimétricos secundarios:

- ❖ En las obras de desarrollo superficial, se puede densificar colocando clavos Hilty (figura e) impactados sobre cordones de veredas, cordones cunetas; o en construcciones bajas como plateas de edificios, veredas con losetas de hormigón, etc.
- ❖ En las obras de desarrollo lineal, colocando un clavo de acero y pintura, sobre los diamantes y muros de ala de las alcantarillas (figura f).
 En los caminos rurales, resulta muy práctico colocar un clavo sin cabeza en los postes de alambrado y postes telefónicos (figura d).



Para nivelar los puntos del **sistema principal**, lo haremos por los procedimientos vistos en la Topografía, resultando los más convenientes:

- ❖ los rodeos en las obras de desarrollo superficial
- ❖ intercalaciones entre dos puntos fijos de mayor orden, e itinerarios en ida y vuelta en las obras de desarrollo lineal.



Para acotar los **puntos secundarios**, hacemos intercalaciones entre dos puntos del principal.



Es necesario recordar que el sistema altimétrico deberá estar estrechamente vinculado al sistema altimétrico que se empleó en el relevamiento, y aún cuando éste fuese arbitrario, y no haya exigencias al respecto, siempre conviene que esté referido al **sistema general del país** (IGM).

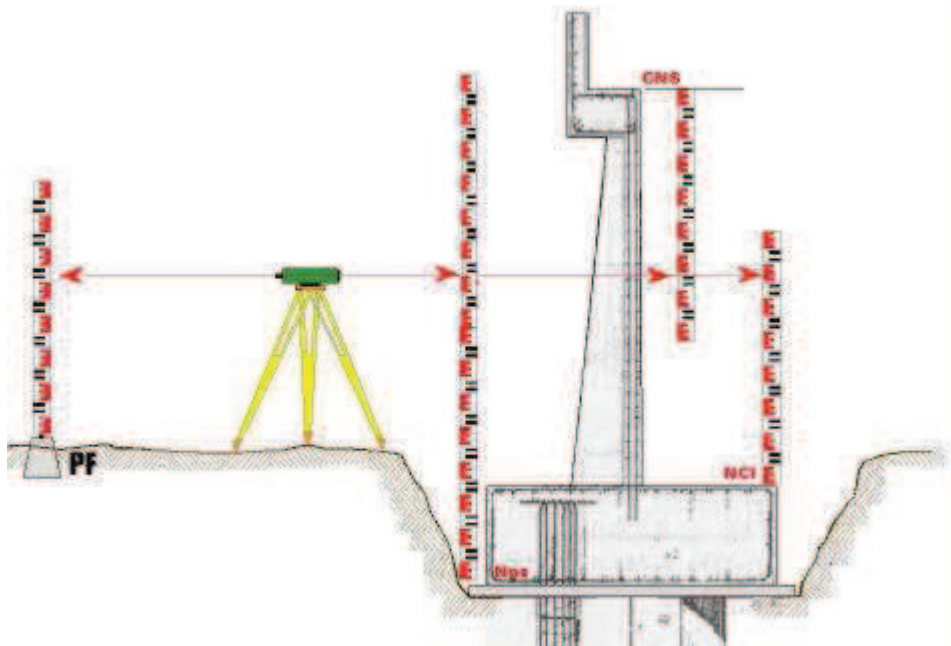
8.12.1 Precisiones

Para la acotación de errores, debemos proceder de igual modo que como lo hicimos antes (en la planimetría), debemos tener en cuenta la inter relación que existe entre las obras que integran el conjunto.

Cada obra tiene sus propias exigencias, pero a la inversa que en la planimetría es muy fácil lograrlas, pues aunque a lo largo del tiempo haya que realizar varias nivelaciones, en cada etapa constructiva; los errores no se acumulan ya que cada replanteo de nivel es independiente del anterior.

Para evitar cometer errores de operación, debemos tomar las siguientes precauciones:

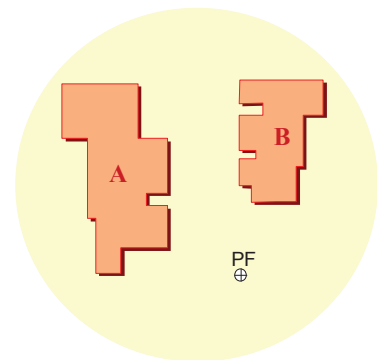
- ❖ Verificar periódicamente el instrumento. (Ej.: cada 15 días)
- ❖ cuando los errores instrumentales exceden las tolerancias que nos hemos impuesto, o que nos impone la Norma ISO, deberá ser enviado a un laboratorio para su correcta calibración.
- ❖ estacionarse aproximadamente en la distancia media entre el punto de referencia y la obra a replantear.
- ❖ ubicar el punto secundario lo más cerca posible para que las distancias sean cortas y tener buena visual.
- ❖ verificar la graduación de las miras.
- ❖ asegurarse que el punto de apoyo de las miras sea firme y en lo posible esférico.
- ❖ en caso de trabajar con lecturas altas, incorporar un nivel esférico a la mira, o bien adicionarle un nivel de albañil con burbuja vertical.
- ❖ Cuando en una obra, haya que replantear varias veces la altura, por ejemplo nivel de excavación, nivel de piso terminado PT, nivel de fuste, etc. Asegurarse de partir siempre del mismo punto de referencia. (*figura 1*).
- ❖ Al terminar cualquier trabajo cerrar siempre en otro punto fijo acotado



(figura 1).

Tampoco habrá dificultad en lograr la tolerancia buscada, en la inter relación de dos o más obras, cuando estas se encuentran tan cerca entre si, que nos permite trabajar apoyándonos siempre en un único punto de referencia.

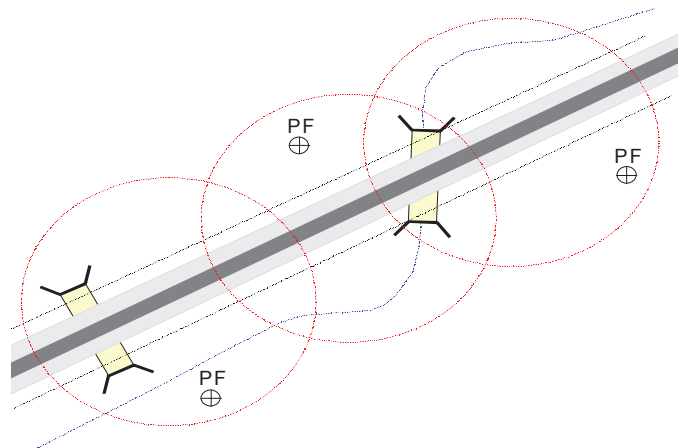
Operando de esta forma cada obra estará afectada solo de los errores de medición, independizándonos de esta forma del error del sistema.



El problema se nos plantea en las obras de desarrollo lineal, ya que generalmente la distancia entre tramos que se deben inter relacionar es mayor, y no podemos hablar de trabajar desde un punto común.

Por ejemplo, imaginemos un camino:

En las zonas de superposición, habrá una diferencia de cotas, que será igual a la suma de los errores de medición y del sistema.



Para hacer la acotación de errores del sistema alimétrico principal, como siempre nos planteamos el caso más desfavorable, el cuál sería un punto central y al que se nivela desde dos puntos opuestos del sistema.

En el punto **P** debe cumplirse que la diferencia entre el desnivel obtenido desde el punto fijo “ i ” con el resultante desde el punto fijo “ n ” sea menor que la tolerancia prefijada.

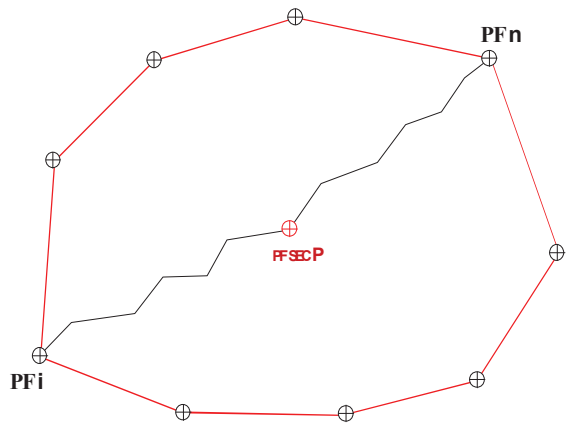
$$H - H' = \pm dh_p \rightarrow \pm dh_p < T_z \text{ (tolerancia)}$$

Ese error, será la resultante de la suma de los errores de medición (nivelación) mas los errores del sistema de apoyo.

Es decir: $\pm dh_p = \pm c \cdot \sqrt{l} \pm dh_i$

dh_p = mitad del valor de la tolerancia impuesta, para estar en el 95% del intervalo de confianza

dh_i = error del sistema.



c = error medio por Km.
 l = distancia más larga.

De la expresión anterior despejamos para obtener el valor de nuestra incógnita, (dh_i : error del sistema)

$$dh_i = \pm \sqrt{(dh_p)^2 - (c \cdot \sqrt{l})^2}$$

Hemos determinado el error admisible para un punto del sistema. Como hemos supuesto que se trataba del caso más desfavorable, nos impondremos dicho valor absoluto para el resto de los vértices.

Para estar seguros que cada uno de los puntos tendrá la exactitud requerida debemos pre establecer el valor del error de cierre de la nivelación.

Sabemos que el error de cierre es la suma de los errores de cada tramo.

$$\pm dh_1 \pm dh_2 \pm dh_3 \pm \dots \pm dh_n = \pm dh_i \sqrt{n} = \pm \omega$$

es decir:

$$\omega = \pm (dh_i \cdot \sqrt{L} / \sqrt{l_i})$$

donde l_i es la longitud del lado medio, de las longitudes del rodeo.

Ejercicio N° 23::

Admitamos para el punto " P " una tolerancia de: $T_z = \pm 10\text{mm}$

Supongamos también, que disponemos de un nivel automático como el de la figura, cuyo error medio por Km. es $c = \pm 2.5\text{mm}$ (por Km. Nivelado en ida y vuelta).



Supongamos la distancia desde el punto P, al PF más lejano sea de 400m.-

Finalmente pensemos en un rodeo de 1.500m de longitud total y que el lado medio sea de 300m.-

¿Cuál es el error máximo admisible para el rodeo?

$$\pm dh_p = \pm 5\text{mm}$$

$$dh_n = \pm \sqrt{(dh_p)^2 - (c \cdot \sqrt{l})^2} \rightarrow dh_n = \pm \sqrt{(5\text{mm})^2 - (3 \cdot \sqrt{0.4})^2} = \pm 4.5\text{mm}$$

$$\omega = \pm (4.5\text{mm} \cdot \sqrt{1.5}) / \sqrt{0.3} = \pm 10\text{mm} \text{ (error de cierre máximo admisible del rodeo)}$$

8.13: Métodos de Replanteo de Puntos Secundarios y Auxiliares

Los métodos a utilizar deben reunir una serie de condiciones:

- ☒ en primer lugar, deben ser **rápidos**, buscando de hacer la menor cantidad de estaciones posibles.
- ☒ tienen que ser **seguros**, esto significa evitar la acumulación de errores, de tal manera que si se cometiese un error, éste quede aislado en un solo punto
- ☒ debe ser posible su **control** y verificación

Autocontrol: Siempre que planifiquemos un determinado replanteo, al mismo tiempo debemos prever los mecanismos de control que nos vamos a imponer.

8.13.1 Alineaciones

Este es el método de replanteo por excelencia, cuando nuestra obra a replantear es de desarrollo superficial, y sus dimensiones son reducidas, como son por ejemplo:

- ❖ **Obras de arquitectura** tales como edificios, torres, fábricas, hospitales, cárceles, aeropuertos, etc.
- ❖ U obras de ingeniería tales como centrales de energía, estaciones transformadoras, etc.
- ❖ También en lo que hemos llamado “ **bloques**”, es decir cuando la obra a replantear forma parte de otra más general, como es por ejemplo un puente en una obra de camino, o una subestación en una línea de energía.



En cualquiera de estos casos, podemos emplear un método de replanteo muy sencillo y que puede alcanzar altas precisiones, conocido con el nombre de:

alineaciones.

Para visualizar mejor el método, tomemos un ejemplo simple, el de la (figura 1), allí observamos que la obra está referida a un par de ejes **X** e **Y**.

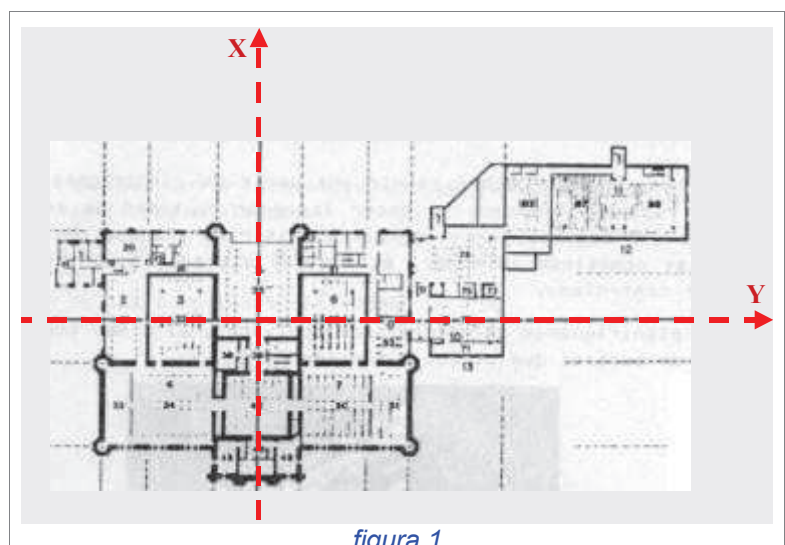


figura 1

En este tipo de obra, como sistema de apoyo podemos trazar un rectángulo que encierre a la obra, cuyos lados sean paralelos a los ejes de referencia, y colocar los vértices del sistema (principal \equiv secundario), en la dirección de los ejes de replanteo y sobre los lados de dicho rectángulo (*figura 2*).

Es decir que en este caso, al replantear los dos vértices que materializan cada eje, ambas coordenadas serán fijas.-

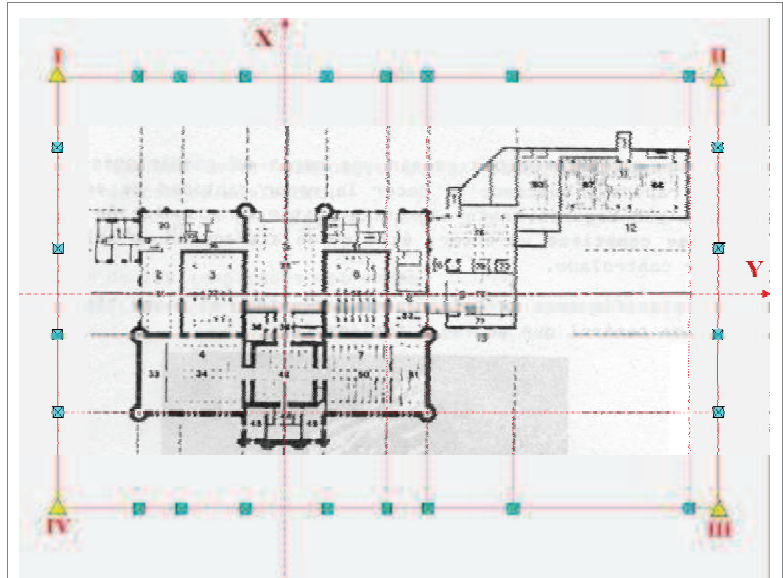


figura 2

El método consiste en replantear los ejes necesarios, estacionándose en un punto secundario y apuntando con el teodolito a otro punto ubicado sobre el lado opuesto.

Por ejemplo: para materializar el eje *a*, lo hacemos estacionándonos en el punto secundario "A" y apuntando hacia "A'".

Luego, para materializar el punto "P", lo hacemos por intersección de dos rectas, la recta *a* y la recta *b*, para lo cual habrá que estacionarse en "B" y colocar una señal de puntería en el punto "B'", (*figura 3*).

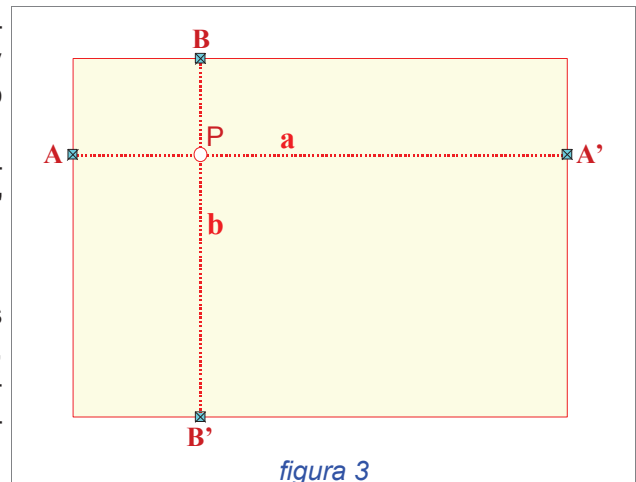


figura 3

Como puede deducirse de forma inmediata, con este método de replanteo no se miden ángulos, sino que son sólo simples alineaciones, esto hace que el método sea muy sencillo de emplear, y a su vez práctico; esto nos habla también de la **rapidez** del método, y será **seguro** en tanto y en cuanto se extremen los cuidados, que no ocurra que el teodolito se estacione sobre el extremo de una línea mientras, y que por falta de una nomenclatura adecuada, la señal de puntería se estacione en el extremo de otra, replanteando una línea inclinada. (*figura 4*).

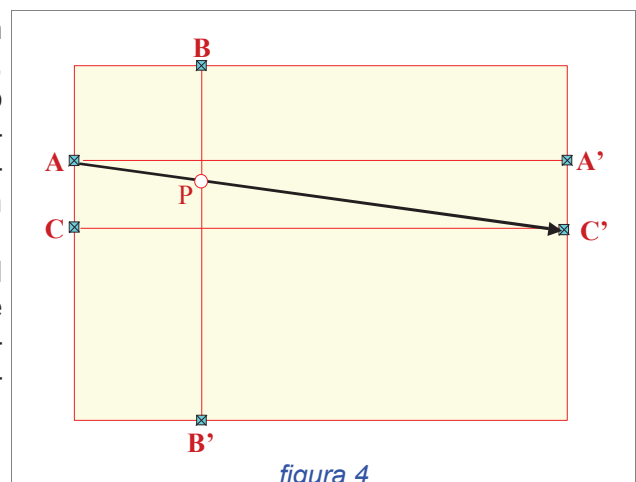


figura 4

Lo antes dicho parece ser una aclaración muy obvia, ya que parecería ser un error muy grosero y casi imposible que suceda, sin embargo anécdotas sobre errores de este tipo se puede contar por decenas, recuerdo la más grave de ellas, sucedió en el replanteo de los pilotes en la construcción de la Central de energía Luis Piedrabuena en Ingeniero White, donde más de 30 pilotes quedaron mal ubicados, lo grave del caso eran las dimensiones de los mismos (1.5m de diámetro por 45m de profundidad) ya que toda la obra se fundaba sobre terrenos que habían sido ganados al mar.



Un problema que se presenta es el siguiente:

a medida que avanzan las construcciones se van creando obstáculos que van cubriendo las visuales; para solucionar este inconveniente en la generalidad de los casos se emplean ejes paralelos, también resulta conveniente ir trasladando los puntos secundarios a construcciones internas, y colocarlos mediante un disparo con pistola Hilti sobre cordones de pavimentos, cunetas, canales, veredas; y además dibujar señales de puntería (mariposas) sobre vigas o paredes de los edificios ya construidos.

Cuando el obstáculo sea de escasas dimensiones, tal como una columna por ejemplo, podemos trazar una paralela a una determinada distancia (por ejemplo 50cm), y luego volver al eje original, desplazando el punto sobre el caballete igual cantidad (figura 4).

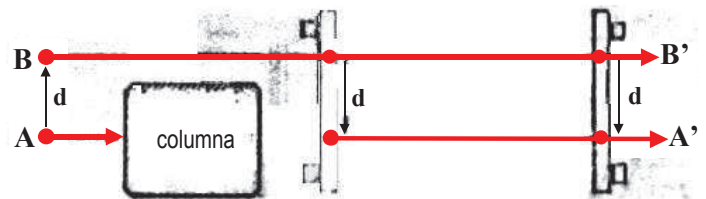


figura 4

Las señales que utilizaremos para tomar línea dependen de la exactitud que pretendamos lograr:

- ± 1.5 cm a ± 2 cm (jalón verticalizado)
- ± 0.5 cm a ± 1 cm (ficha)

El uso de fichas es muy limitado, pues a veces es dificultoso hacer un buen apunte debido a la cantidad de obstáculos que hay a nivel de piso de una obra. (excavaciones, herramientas, máquinas, materiales de construcción, etc.)

Por ello, es conveniente bisectar a una señal de puntería estacionada sobre trípode, y centrada con plomada óptica, (figura 5) con estas señales, podemos asegurar la centración entre:

- ± 1 mm a ± 2 mm (señal de puntería)

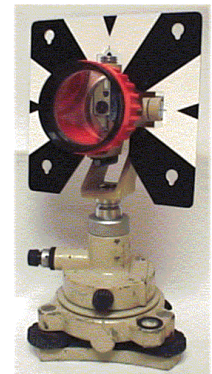


figura 5

8.13.1.a Procedimiento

Para la colocación de los vértices (principal ≡ secundario), en la dirección de los ejes de replanteo y sobre los lados del rectángulo (ver figura 2), se hace también por **alineación**.

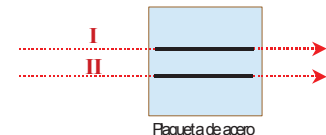
Estacionándose en uno de los vértices del rectángulo de apoyo (I), se apunta hacia el vértice opuesto (II) y colocamos todos los puntos intermedios a la distancia que corresponde. No es necesario extremar los cuidados en el replanteo de la alineación, ya que no nos interesa el error

transversal que se pueda producir, sino el longitudinal, por ello en la colocación de los puntos lo importante es la medición lineal, y la exactitud necesaria será directamente la deducida de la tolerancia constructiva.

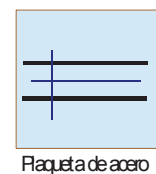
Si la medición se realiza con cinta métrica, es necesario densificar previamente el sistema de apoyo; colocando puntos sobre los lados de tal forma que entre ellos medie una distancia menor, que el de la longitud total de la ruleta que luego se utilizará. Esto tiene por objeto que los puntos secundarios puedan ser replanteados sin superar la cintada y al mismo tiempo disponer de un control, para verificar no se haya movido el mojón o evitar de cometer un error de lectura de la cinta.

Si en cambio, el replanteo se realiza con una estación total, no es necesario densificar con más puntos de apoyo sobre los lados del rectángulo, pues los puntos secundarios se colocarán midiendo directamente desde uno de los extremos.

1. Estacionamos el instrumento en un extremo (**I**), orientamos el instrumento apuntando una señal de puntería estacionada en el otro extremo (**II**).
2. Alineamos estacas de madera, fichas o hierros midiendo las distancias en modo tracking.
El modo tracking (replanteo), que posee la gran mayoría de las estaciones totales, permite al operador del instrumento obtener una distancia medida en muy corto tiempo entre 0.3seg. y 1 seg. con una precisión de ± 1 cm. Esto permite que el ayudante (que está colocando las estacas), se mueva sobre la línea, con un prisma colocado sobre un bastón centrador; hasta que el operador de la estación, le informe que se encuentra en la distancia correcta.
Los bastones provistos por las fábricas de instrumental, tienen incorporados un nivel esférico para asegurar la verticalidad del mismo. Como la operación es rápida y el bastón se está moviendo, el error que se comete en la medición puede estar en el orden de 1cm a 3cm.
- 3 y 4: Finalizado el replanteo, las estacas o las fichas, son reemplazadas por mojonos de hormi-gón con plaquetas de hierro insertas en él, de 10cm x 10cm. (para absorber esos posibles 3cm de error de ubicación de la estaca)
5. Realizamos nuevamente la alineación en las dos posiciones del círculo y las dibujamos con un lápiz sobre la cara de la plaqueta.

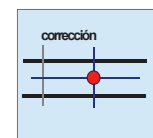


Dibujamos la línea promedio (exenta de errores instrumentales)



Marcamos un punto arbitrario, y sobre él estacionamos el prisma, ahora sobre un trípode con plomada óptica.

6. Efectuamos nuevamente la medición pero en modo "fine", lo que nos garantiza una precisión entre 3 y 5mm.

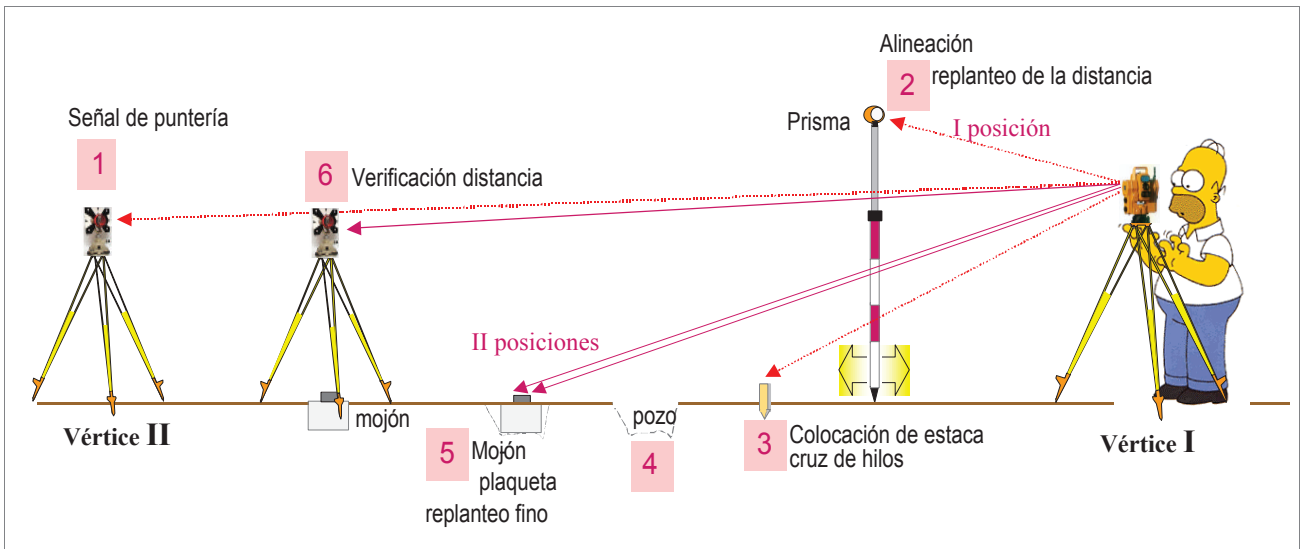


Efectuamos la corrección sobre la línea demarcada.

Por ejemplo lectura 94.496 m
Distancia ... 94.500 m
 corrección ... 0.004 m

Corremos luego el prisma sobre la base nivelante, centrándolo en el punto corregido y efectuamos una nueva lectura de control.

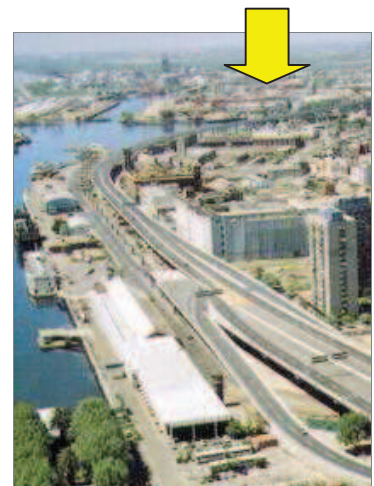
7. Finalmente marcamos el punto verificado con un punzón sobre la plaqueta y hacemos un cierre en el punto de inicio.



Cuando la obra es de desarrollo lineal, o bien, cuando una obra se desarrolla superficialmente pero su extensión es muy grande, y al mismo tiempo son muy variadas las partes que la componen (tal como lo demuestra la fotografía)

En estos casos resulta imposible, efectuar todo el replanteo de la obra aplicando el método antes desarrollado.

En este tipo de obras, los replanteos de los puntos, vértices del sistema secundario y puntos auxiliares de densificación, los efectuamos aplicando el **método polar**, también puede ser mediante una intersección hacia delante, método conocido con el nombre de **bi-sección**; o eligiendo convenientemente el lugar de estacionamiento del instrumental y realizando una intersección inversa, método conocido con el nombre de **“libre estacionamiento”**, mientras que el método antes visto, que dimos en llamar “alineaciones” queda limitado solo al replanteo de los **sistemas secundarios de los bloques**.

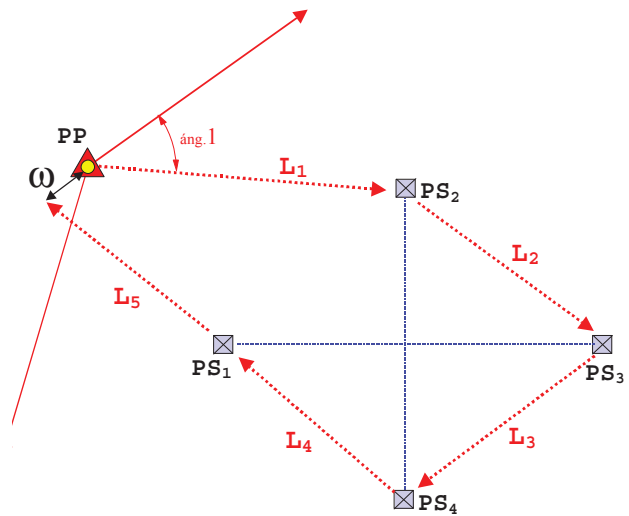


8.13.2 Poligonales

Siendo consecuente con lo anteriormente expresado, se deberá descartar como método de replanteo la poligonometría, ya que no cumple con las condiciones que nos impusimos:

- ❖ no es rápido
- ❖ produce acumulación de errores
- ❖ y si bien posee un modo de control, ya que el polígono puede cerrarse en **PP**, no hay forma de compensar dicho error de cierre.

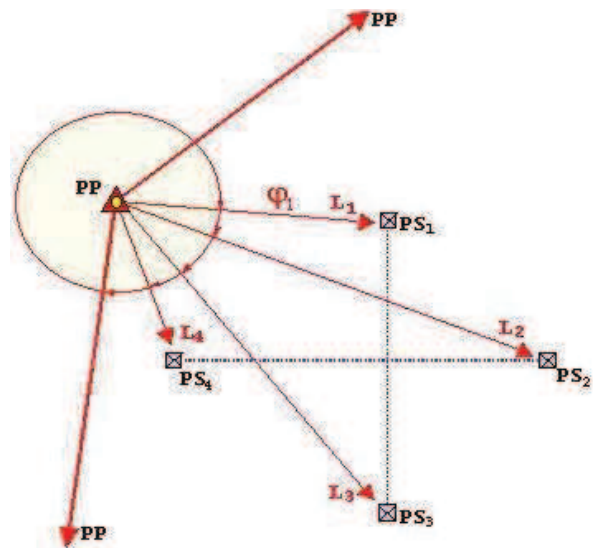
Sin embargo y a pesar de ello es un método utilizado frecuentemente por la topografía tradicional.



8.13.3 Método Polar

8.13.3.a Procedimiento

Previa conversión de coordenadas rectangulares a polares de los puntos secundarios o auxiliares que deseamos replantear, tomando como polo el punto elegido del sistema principal, luego estacionando el instrumento en ese punto, lo orientamos apuntando a otro punto de mismo sistema, provocando la lectura del rumbo, (el cual también fue previamente calculado), hacemos girar el teodolito, barriendo la zona de izquierda a derecha, buscando las lecturas de los rumbos correspondientes a los puntos buscados.



Ubicada la dirección de cada uno de ellos los materializamos en el terreno, midiendo la distancia correspondiente desde la estación, empleando estación total, o cinta de agrimensor.

8.13.3.b Replanteo de un punto en obra Empleando Estación Total

Luego de haber materializado la dirección del rumbo, alineamos un ayudante, quien se ubica sobre la línea con un prisma centrado sobre un bastón o jalón.

Operando en modo "Tracking" y con el programa que nos muestra en el display las distancias reducidas al horizonte, mediante señas o con el auxilio de un radio transmisor vamos haciendo desplazar al auxiliar sobre la línea, hasta que éste se ubique en las proximidades del punto (dentro de los 10cm).

Ahora el ayudante se preocupará por mantener calado el nivel esférico, y repetimos la operación hasta que por aproximaciones sucesivas lleguemos a la lectura correcta. (dentro de 1 o 2 cm). Lograr mayor precisión es prácticamente imposible para un punto replanteado mediante bastón de centración y rumbo provocado en una sola posición.

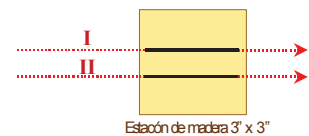
Generalmente, en la mayoría de los casos este error, está dentro de las tolerancias constructivas requeridas para un punto de obra.

8.13.3.c Replanteo de un punto secundario Empleando Estación Total

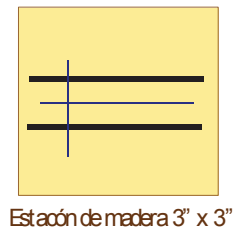
También incluyen aquellos puntos que se replanteen como auxiliares, y desde los cuales se colocarán los vértices de un sistema secundario.

Repetimos el procedimiento arriba descrito, luego reemplazamos la ficha o la estaca por un estación de madera de 3"x3", por 0.60m ó 0.80m, el que se hormigona firmemente.

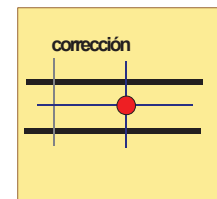
Una vez fraguado el hormigón, reproducimos el rumbo en las dos posiciones, las que se materializan con la mina de un lápiz 0.5 en la cabeza superior del estación.



Hacemos una marca provisoria, sobre la cual centramos la señal de puntería con el prisma. Luego de medida la distancia en modo "Fine" y reducida a la horizontal, calculamos la corrección a efectuar, la que se realiza mediante una ruleta de mano.-

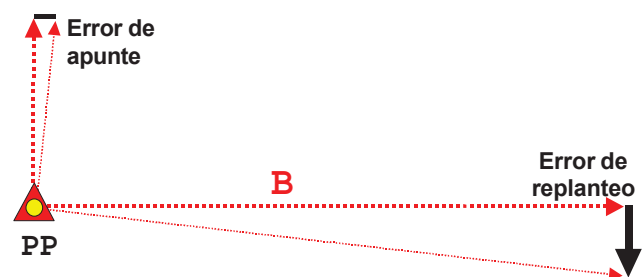


Hecho esto, desplazamos la base nivelante sobre la base del cabezal del trípode y controlamos nuevamente la medición. Si es correcta, marcamos definitivamente el punto con un clavo 2½" sin cabeza.



Recordemos lo siguiente:

Al haber replanteado el ángulo en las dos posiciones del círculo, hemos reducido la influencia de los errores sistemáticos instrumentales. Al efectuar la acotación de errores, para asegurar que el punto colocado cubra la tolerancia impuesta, hemos ponderado y controlado el error de medición angular y el error debido a la medición de la distancia, pero además, habrá que cuidar acotar el error producido por la suma de los errores de:



1. centración del instrumento
2. centración de la señal de puntería colocada para orientar el aparato
3. error de apunte al orientar, en las dos posiciones
4. error de apunte al replantear, en las dos posiciones
5. de lectura al provocar el rumbo

Esta suma de errores, se propagará directamente al replanteo, multiplicada por la relación entre los lados, por ende, conviene que la distancia al punto que usamos para orientar el aparato, sea siempre mayor que la distancia al punto replanteado, si esto no es posible, en ese caso deberá apuntarse indefectiblemente a una señal centrada sobre el punto con plomada óptica.

El método polar, cumple con las condiciones que nos habíamos impuesto, de ser rápido y seguro, pues el replanteo lo hacemos desde una sola estación y de cometerse algún grosero (de cálculo o de medición) , éste quedará aislado, ya que cada punto es colocado en forma independiente del anterior.

Es rápido y seguro, siempre y cuando la medición de la distancia se realice con una estación total. No ocurre lo mismo si lo hacemos con cinta, ya hemos mencionado que las distancias que separan a los puntos del sistema principal del punto secundario o auxiliar, generalmente es bastante grande, además, también hemos comentado que en toda obra hay demasiados obstáculos a nivel de piso como para efectuar una rápida, cómoda y segura medición. De tal manera que este método, empleando cinta, sólo lo emplearemos en aquellos casos en que las distancias de replanteo sean muy cortas, o bien las tolerancias sean tan generosas que así lo permitan.

Como control, proponemos lo siguiente: al estacionarse el operador en el punto secundario auxiliar colocado para efectuar el replanteo del resto de los vértices; previo a ello se verifique apuntando y midiendo el rumbo y/o la distancia, hacia otro punto del sistema principal.

8.13.3.d Acotación de errores

Recordemos que el error final de replanteo del punto auxiliar, o del vértice del sistema secundario (e_R) resulta ser la suma vectorial de dos errores:

(e_S): El error de los puntos del sistema de apoyo principal

(e_M): Los errores de medición en el momento de efectuar el replanteo del punto.

$$(e_R) = \pm (e_S) \pm (e_M)$$

Dejamos el primer término del segundo miembro de lado, pues suponemos que en base a la acotación de errores establecida, el sistema principal fue construido, y posteriormente medido a los efectos de constatar que las exactitudes de cada vértice resultaron ser las previamente impuestas.

$$e_M = \pm \sqrt{(e_R)^2 - (e_S)^2}$$

Analizaremos entonces, **el error de medición**. Emplearemos un procedimiento tal que sea lo suficientemente aproximado pero fundamentalmente sencillo y rápido, como para poder resolver el problema en obra.

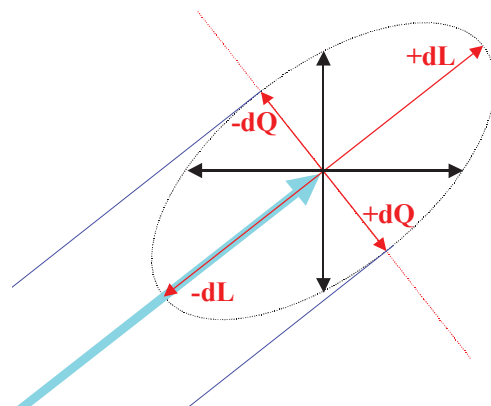
Cada punto de la obra tendrá un cierto grado de libertad, que será la tolerancia constructiva (T_C), que como ya hemos mencionado, se traslada a los puntos secundarios y auxiliares.

Adoptamos para el error final de replanteo, o máximo error admisible el valor $e_R = T_C / 2$

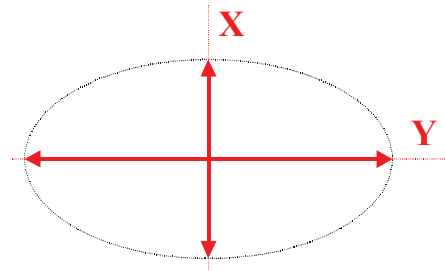
Los errores de medición, generan una incertidumbre en la determinación de la posición del punto, cuya figura geométrica es una elipse de error , cuyos vectores se encuentran expresados:

Uno, el error de medición lineal (dL), en la dirección longitudinal del vector, y otro, el en la dirección transversal al mismo (dQ) causado por el error de medición angular ($d\phi$).

Sin embargo, el resultado de la combinación de dichos errores se hará manifiesto en las direcciones de los ejes de replanteo.



Así por ejemplo, si se trata de una obra de arquitectura, y los ejes principales son paralelos a los ejes de referencia, los movimientos que nos interesa acotar, serán: dX y dY



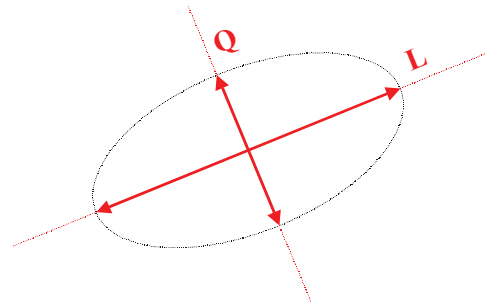
Ejemplo:

En la foto vemos la colocación de una plantilla de insertos en una gran base de hormigón, ésta se moverá ortogonalmente en las direcciones de los dos ejes X e Y hasta quedar en la posición correcta.



El replanteo y el control se realizan desde los puntos del sistema secundario colocado sobre los ejes.

Pero bien podría ser una obra de desarrollo lineal, en cuyo caso los dos errores máximos admisibles, se encontrarían expresados en las direcciones longitudinal al eje de traza, y el otro en la dirección transversal al mismo. dL y dQ

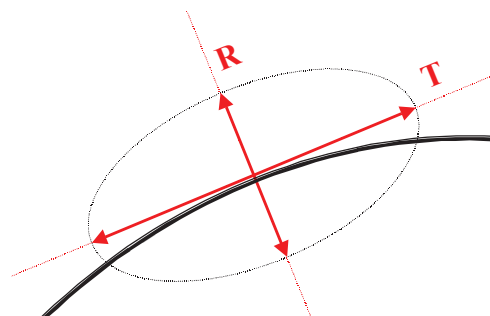


Ejemplo:

En la foto vemos la construcción de los pilares que soportarán la superestructura de un viaducto, en este caso se trata de la autopista 9 de Julio en la Ciudad de Buenos Aires. El replanteo de las pilas exige una tolerancia longitudinal en la dirección de la traza y una tolerancia en el sentido transversal a dicho eje.



O bien, el punto a replantear podría estar ubicado sobre una alineación curva, en cuyo caso tendríamos una tolerancia radial y otra tangencial. dR y dT



Ejemplo:

Cuando se replantean los puntos pertenecientes a una pantalla, de una presa en arco.

Igual criterio se adoptará luego, en el momento de realizar la auscultación de la obra.



8.13.3.e Acotación de errores en la dirección de los ejes de referencia

$$dX = \pm (D \cdot \sin \varphi) \cdot d\varphi \pm \cos \varphi \cdot dL$$

$$dY = \pm (D \cdot \cos \varphi) \cdot d\varphi \pm \sin \varphi \cdot dL$$

Conociendo los valores pre impuestos de los errores dX y dY ; podemos despejar los valores buscados de $d\varphi$ y dL

Ejercicio N° 24::

Se necesita determinar los errores máximos admisibles para el replanteo de un punto secundario, realizado por método polar.-

La Tolerancia fijada en X es de 4 cm.

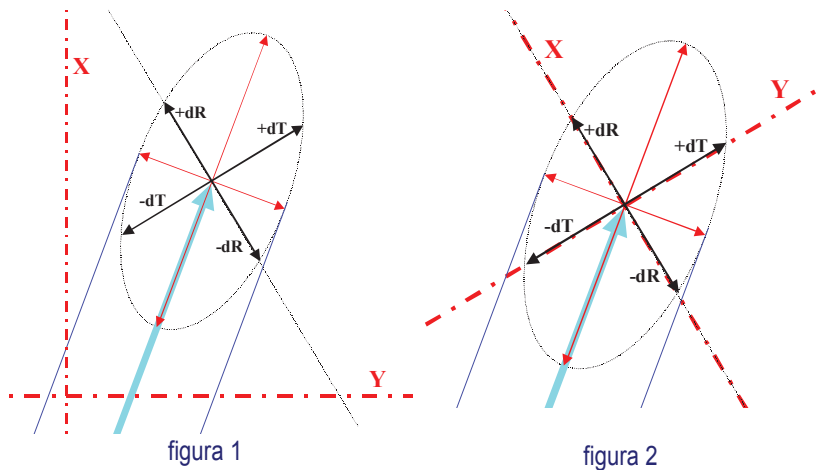
La Tolerancia fijada en Y es de 8 cm.

La longitud del vector: 86m

El rumbo del vector 78°25'16"

8.13.3.f Acotación de errores en una dirección determinada

Cuando nos interesa determinar los valores del posible error proyectado sobre otras direcciones, como por ejemplo en la dirección radial y/o tangencial (figura 1), podemos emplear el mismo algoritmo anterior, pero rotando el sistema, es decir, creando un nuevo sistema de referencia, girado respecto al anterior, haciendo coincidir las direcciones de los ejes de referencias con los buscados (figura 2)



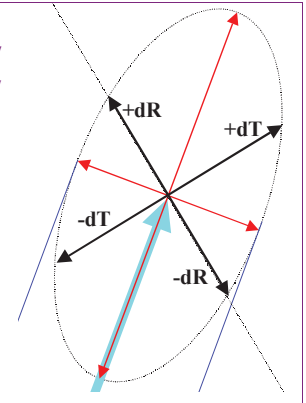
En el nuevo sistema el vector aparecerá con distinto rumbo respecto al anterior, incrementado en igual valor que el giro realizado.

Ejercicio N° 25:

Se necesita determinar los errores máximos admisibles para el replanteo de un punto, realizado por método polar.- Dirección del vector error radial: $\varphi_R = 312^\circ 35' 10''$

La Tolerancia radial es de ± 4 cm.
 La Tolerancia tangencial es de ± 8 cm.
 La longitud del vector: 101.16m

El rumbo del vector $08^\circ 25' 25''$



8.13.4 Bisección

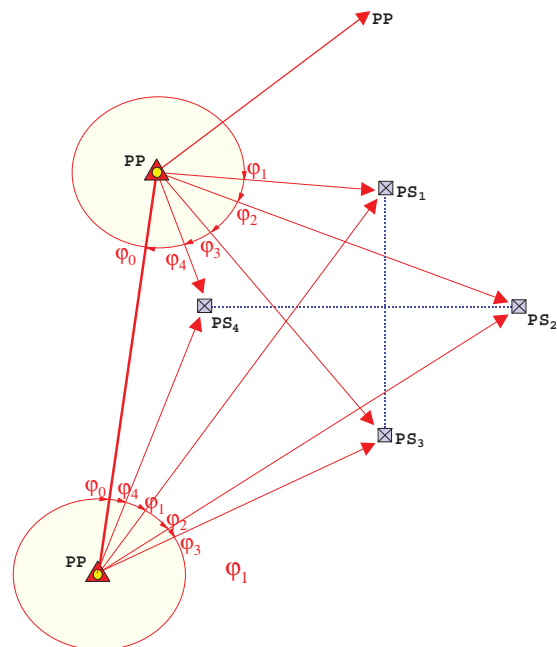
Lo anteriormente expuesto, no quiere decir que si no disponemos de una estación total en obra, no podemos trabajar. Podemos buscar algún otro método que nos permita reemplazar el método polar, como por ejemplo:

- en lugar de medir la distancia directamente, lo hacemos indirectamente a través de una intersección hacia delante, trabajando simultáneamente con dos operadores y dos teodolitos.

Muchas veces, aún disponiendo de la más moderna y precisa estación total, elegimos emplear este método por alguna razón de conveniencia.

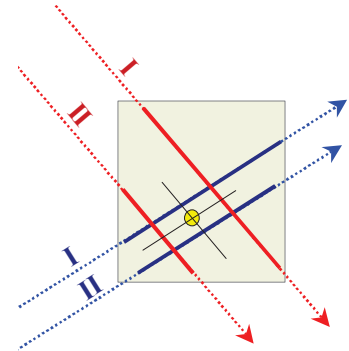
8.13.4.a Procedimiento

1. Estacionados sobre dos puntos del sistema principal, tal como ya antes lo hiciéramos, transformamos las coordenadas rectangulares de los puntos secundarios o auxiliares, en coordenadas polares, y confeccionamos para cada estación una planilla con los rumbos a replantear.
2. Realizada la operación de estacionamiento y orientación de los instrumentos, se busca en ambos, el rumbo correspondiente al punto a replantear, el ayudante con un jalón se alinea en la dirección de uno de ellos, luego se va moviendo manteniendo esa dirección hasta quedar alineado con el otro aparato; seguramente se habrá desplazado algo de la anterior, así es que deberá solicitar nuevamente al primer operador que verifique la alineación, y así seguirá, por aproximaciones sucesivas hasta encontrar el punto de intersección de ambas rectas.



3. Cuando el entorno quede reducido al dm. trabajará (depende el caso) con una ficha o un jalón verticalizado.

4. Luego reemplazamos la ficha por un estacón de madera de 3"x 3" hormigonado, o una plaqueta de acero de 10cm x 10cm inserta en un mojón de hormigón.
5. Una vez que ha fraguado el hormigón, repetimos la operación en las dos posiciones, dibujando ambas sobre la cara del estacón o plaqueta, luego buscamos como siempre la intersección de los ejes medios y marcamos el punto.
6. Sobre este punto, hacemos estación con una señal de puntería, centrada con plomada óptica y medimos el ángulo (en las dos posiciones del círculo), desde cada uno de los vértices del sistema de apoyo.



De esta forma, ahora calculamos las coordenadas rectangulares finales del punto materializado y efectuaremos las correcciones si fuese necesario.

Habrá que tener en cuenta al planificar el replanteo, la forma y las dimensiones de los triángulos, para realizar una correcta acotación de la propagación de los errores, con el objeto de cumplir con las tolerancias impuestas.

Como puede observarse este método es casi tan rápido como el método polar, tiene las mismas exigencias de cálculo y no requiere que se reduzcan las distancias al horizonte. Como en el caso anterior, no hay acumulación de errores, pues cada punto se coloca independiente del anterior, y como trabajamos aproximadamente a 1.5m sobre el nivel del suelo evitamos el problema que habíamos mencionado de la presencia de obstáculos.

En algunas obras, o en algunos tipos de replanteos especiales, nos inclinamos por utilizar este método a pesar que se disponga de estación total, son algunos ejemplos:

- los replanteos industriales
- los montajes mecánicos
- la colocación de insertos

fundamentalmente en los replanteos en que las distancias son muy cortas y las exactitudes a lograr muy exigentes. Y en los casos en que no se puede acceder al punto con un prisma.

Un ejemplo muy interesante es la colocación de bulones de anclaje, éstos quedan fijados firmemente a una **plantilla de acero**, la cual tiene “maquinado” los dos ejes centrales, los cuales se alinean simultáneamente con dos teodolitos en el mismo momento del colado de hormigón.-

8.13.4.b Acotación de errores en la dirección de los ejes de referencia (en elaboración)

8.13.4.c Acotación de errores en una dirección determinada (en elaboración)

8.13.5 Libre Estacionamiento

Otro recurso interesante que disponemos, es el de achicar las distancias de replanteo, acercándonos con la estación lo más posible a los puntos secundarios y o auxiliares.

Disponiendo de un sistema de apoyo bien densificado, y colocados los vértices en posiciones visualmente dominantes, asegurándonos que desde cualquier lugar de la obra puedan observarse

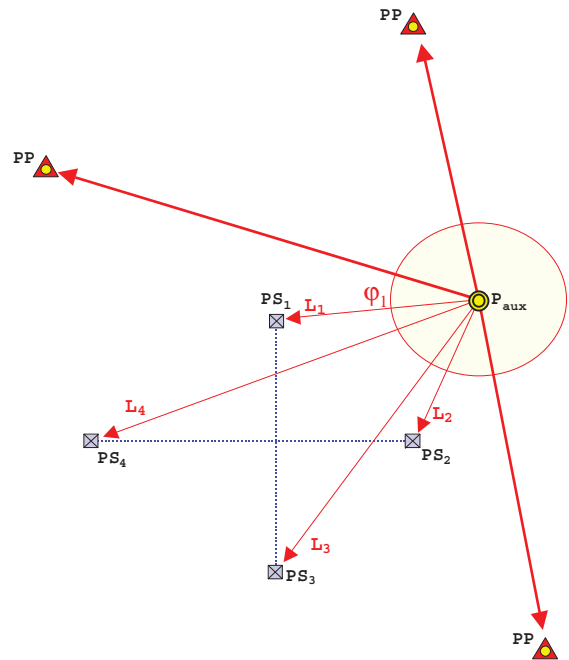
simultáneamente tres puntos; en ese caso, podemos estacionar nuestro instrumento en una zona próxima a los puntos a replantear, y realizar una intersección inversa para calcular las coordenadas de la estación y orientar el aparato.

8.13.5.a Procedimiento

Determinando aproximadamente el lugar, donde estarán ubicado los puntos secundarios o auxiliares que se desee replantear, estacionamos un teodolito en las inmediaciones, cuidando que desde allí no tengamos obstáculos ni interferencia para medir tramos cortos con ruleta.

Tomando lectura a tres puntos del sistema principal, calculamos los ángulos, compensamos el cierre de la estación, calculamos las coordenadas del instrumento, hacemos la diferencia de coordenadas con el punto a replantear y calculamos el rumbo con el punto del sistema de apoyo más lejano y que mejor se vea.

Provocamos esta lectura y buscamos el rumbo del punto a replantear, luego operamos igual que con el método polar.



Las ventajas de este método son las siguientes:

Es muy rápido, ya que sólo hacemos una estación. Ahorramos tiempo al estacionar el aparato, por que al teodolito lo ubicamos libre y arbitrariamente, no tenemos que centrar el equipo sobre ningún punto. Siempre vamos a tener visuales hacia los puntos a replantear, pues así fue como elegimos la ubicación de la estación, cosa que no ocurre todas las veces con los otros métodos, trabajamos en un sector reducido medimos distancias cortas, mientras que los apuntes son efectuados a distancias, largas. No acumula error, salvo un error de cálculo de la intersección inversa, sin embargo éste es muy fácil de controlar, si en lugar de medir 2 ángulos midiésemos 3, podríamos calcular la elipse de error del punto estación.

Cuando las obras se desarrollan en zonas urbanas, disponemos de un poderoso recurso, le fijamos coordenadas a puntos visualmente dominantes, ya existentes en el terreno, tales como pararrayos de edificios, pararrayos de torres de antenas de telefonía celular, o a señales que colocamos para tal fin sobre edificios y/o tanques de agua elevados, lo que facilita considerablemente el empleo de este método.