

**"ESTUDIO EVALUACIÓN Y MODELACIÓN HIDRÁULICA-
SEDIMENTOLÓGICO FÍSICA Y MATEMÁTICA DEL RÍO MAIPO
PARA EL SEGUIMIENTO DE EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS Y
OBRAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES EN EL SECTOR
CONFLUENCIA RÍO CLARILLO A PUENTE NALTAHUA"**

**INFORME ETAPA N°1
RED GEODÉSICA**

Región Metropolitana

Abril 2015

FICHA TECNICA DEL PROYECTO								
PROYECTO REALIZADO PARA DIRECCION DE OBRAS HIDRAULICAS (DOH)								
NOMBRE DEL PROYECTO Estudio evaluación y modelación hidráulica-sedimentológico física y matemática del río Maipo para el seguimiento de explotaciones de áridos y obras de protección existentes en el sector confluencia río clarillo a puente Naltahua. Región Metropolitana.						FECHA: 24/04/2015		
MIEMBROS DEL EQUIPO								
Marcos Díaz Núñez (MD)			<i>Ing. Geomensor, Jefe de Proyecto</i>					
Fernanda Abarzúa (FA)			<i>Ing. Proyecto, modelador físico</i>					
Rodrigo Herrera (RH)			<i>Ing. Proyecto, modelador matemático</i>					
Luis Zamorano (LZ)			<i>Ing. Hidráulico, MSc, Jefe Unidad Ing.</i>					
Rodrigo Jaramillo (RJ)			<i>Ing. Geomensor, Jefe de Proyecto (S)</i>					
REVISADO Y APROBADO POR		INH			INSP. FISCAL		CLIENTE	
Rev.	Fecha	Preparó	Revisó	Aprobó	Revisó	Aprobó	Revisó	Aprobó
0	24/04/2015	MD	ES	UR	EO	EO		
1								
2								
3								
NP : No Procede								
CLASIFICACION DEL INFORME Revisión DOH								

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	6
2	MARCO TEÓRICO¹	7
	2.1 DETERMINACIONES ALTIMÉTRICAS	7
	2.2 MODELOS GEOIDALES	9
3	ZONA DE ESTUDIO	10
4	METODOLOGÍA.....	11
	4.1 RED GEODÉSICA.	11
	4.2 DISEÑO DE RED GEODÉSICA GPS.	11
	4.2.1 LONGITUD DE LAS LÍNEAS BASE	12
	4.3 VÉRTICE GEODÉSICO DE APOYO	12
	4.4 PUNTO DE NIVELACIÓN DE APOYO	15
5	DESARROLLO	18
	5.1 MONUMENTACIÓN DE VÉRTICES	18
	5.2 MEDICIÓN VECTORES GPS	24
	5.2.1 EQUIPOS UTILIZADOS	28
	5.3 NIVELACIÓN DE LA RED GEODÉSICA.	29
	5.3.1 EQUIPOS UTILIZADOS	29
6	PROCESO DE LA INFORMACIÓN.....	31
	6.1 PROCESO DE LA MEDICIÓN DE VECTORES	31
	6.1.1 AJUSTE DE LA RED GEODÉSICA	33
	6.2 PROCESO DE LA NIVELACIÓN GEOMÉTRICA	34
7	RESULTADOS	35
	7.1 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE VECTORES	35
	7.2 RESULTADOS NIVELACIÓN GEOMÉTRICA	36
	7.3 RESUMEN DE COORDENADAS Y COTAS	37
	7.4 MEDICIÓN TOPOGRÁFICA	38
8	ANEXOS.....	39

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 5-1: EXIGENCIAS Y TOLERANCIAS PARA MEDICIÓN GPS.	24
TABLA 7-1: RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE VECTORES.	35
TABLA 7-2: RESULTADOS NIVELACIÓN.	36
TABLA 7-3: RESUMEN DE COORDENADAS Y COTAS.	37

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-1: RELACIÓN ENTRE DESNIVELES.	8
FIGURA 3-1. ZONA DE ESTUDIO.....	10
FIGURA 4-1 : RED PRIMARIA A PARTIR DEL VÉRTICE “SB02”.....	12
FIGURA 4-2 : CERTIFICADO DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS PLANAS Y ALTURA	13
FIGURA 4-3: MONOGRAFÍA DE VÉRTICE GEODÉSICO SB02.....	14
FIGURA 4-4: CERTIFICADO DE PILAR DE NIVELACIÓN	16
FIGURA 4-5: MONOGRAFÍA DE PILAR DE NIVELACIÓN.....	17
FIGURA 5-1: ESQUEMA DE MONUMENTACIÓN DE VÉRTICE GEODÉSICO.....	18
FIGURA 5-2: MONUMENTACIÓN DE VÉRTICE	19
FIGURA 5-3: MONUMENTACIÓN DE VÉRTICE	19
FIGURA 5-4: MONUMENTACIÓN DE VÉRTICE	19
FIGURA 5-5: MONUMENTACIÓN DE VÉRTICE	19
FIGURA 5-6: VÉRTICE MA01	20
FIGURA 5-7: VÉRTICE MA02	20
FIGURA 5-8: VÉRTICE MA03	20
FIGURA 5-9: VÉRTICE MA04	20
FIGURA 5-10: VÉRTICE MA05	20
FIGURA 5-11: VÉRTICE MA06	20
FIGURA 5-12: VÉRTICE MA07	21
FIGURA 5-13: VÉRTICE MA08	21
FIGURA 5-14: VÉRTICE MA09	21
FIGURA 5-15: VÉRTICE MA10	21
FIGURA 5-16: VÉRTICE MA11	21
FIGURA 5-17: VÉRTICE MA12	21
FIGURA 5-18: VÉRTICE MA13	22
FIGURA 5-19: VÉRTICE MA14	22
FIGURA 5-20: VÉRTICE MA15	22
FIGURA 5-21: VÉRTICE MA16	22
FIGURA 5-22: VÉRTICE MA17	22
FIGURA 5-23: VÉRTICE MA18	22

FIGURA 5-24: VÉRTICE MA19	23
FIGURA 5-25: VÉRTICE MA20	23
FIGURA 5-26: MEDICIÓN VÉRTICE MA01	25
FIGURA 5-27: MEDICIÓN VÉRTICE MA02	25
FIGURA 5-28: MEDICIÓN VÉRTICE MA03	25
FIGURA 5-29: MEDICIÓN VÉRTICE MA04	25
FIGURA 5-30: MEDICIÓN VÉRTICE MA05	25
FIGURA 5-31: MEDICIÓN VÉRTICE MA06	25
FIGURA 5-32: MEDICIÓN VÉRTICE MA07	26
FIGURA 5-33: MEDICIÓN VÉRTICE MA08	26
FIGURA 5-34: MEDICIÓN VÉRTICE MA09	26
FIGURA 5-35: MEDICIÓN VÉRTICE MA10	26
FIGURA 5-36: MEDICIÓN VÉRTICE MA11	26
FIGURA 5-37: MEDICIÓN VÉRTICE MA12	26
FIGURA 5-38: MEDICIÓN VÉRTICE MA13	27
FIGURA 5-39: MEDICIÓN VÉRTICE MA14	27
FIGURA 5-40: MEDICIÓN VÉRTICE MA15	27
FIGURA 5-41: MEDICIÓN VÉRTICE MA16	27
FIGURA 5-42: MEDICIÓN VÉRTICE MA17	27
FIGURA 5-43: MEDICIÓN VÉRTICE MA18	27
FIGURA 5-44: MEDICIÓN VÉRTICE MA19	28
FIGURA 5-45: MEDICIÓN VÉRTICE MA20	28
FIGURA 5-46: EQUIPO GPS TRIMBLE.	28
FIGURA 5-47: NIVEL SOKKIA C-320.	29
FIGURA 5-48: ESQUEMA DE NIVELACIÓN.....	30
FIGURA 6-1: RED GEODÉSICA EN SOFTWARE DE POSTPROCESAMIENTO.....	31
FIGURA 6-2: REPORTE DE PROCESAMIENTO DE LA RED GEODÉSICA.....	32
FIGURA 6-3: AJUSTE DE LA RED GEODÉSICA.	33
FIGURA 6-4: PLANILLA DE CÁLCULO DE DESNIVELES Y COTAS.....	34

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al Informe Técnico de la ETAPA N°1 y expone los principales aspectos y consideraciones de las faenas realizadas por la Unidad de Operaciones del Instituto Nacional de Hidráulica (INH) en el Río Mapocho, en la región metropolitana, en el contexto del contrato “ESTUDIO EVALUACIÓN Y MODELACIÓN HIDRÁULICA-SEDIMENTOLÓGICO FÍSICA Y MATEMÁTICA DEL RÍO MAIPO PARA EL SEGUIMIENTO DE EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS Y OBRAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES EN EL SECTOR CONFLUENCIA RÍO CLARILLO A PUENTE NALTAHUA”.

En esta entrega se contempla el diseño y monumentación de la red geodésica, la georreferenciación de los vértices y, la nivelación geométrica de los vértices.

Con esta información se verificará el comportamiento de la ondulación geoidal en el sector de estudio, con la finalidad de poder determinar si la utilización de tecnología GPS para mediciones posteriores entregará la fiabilidad requerida.

Una vez culminadas estas labores, se debe continuar con los levantamientos topográficos, cuya finalidad es generar un plano de planta y perfiles transversales al eje del río.

La campaña de terreno se desarrolla entre los días 30 de marzo y 22 abril de 2015.

Para cuantificar la información levantada, se utiliza el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Geográficamente, la información está referida al huso 19 de la proyección UTM, con referencia al dátum WGS-1984.

2 MARCO TEÓRICO¹

El Sistema de Posicionamiento Global – GPS, permite determinar y transportar coordenadas de puntos materializados sobre la superficie terrestre, referidas a la superficie analítica que representa la Tierra, el elipsoide del sistema geodésico mundial WGS-84.

Con observación de la fase portadora, se puede determinar vectores relativos (ΔX , ΔY , ΔZ) con precisión planimétrica en latitud y longitud (Φ , λ) o norte y este (N, E) del orden de $\pm (0,005\text{m} + 1 \text{ a } 2\text{ppm})$ (partes por millón de la longitud del vector), es decir 1 a 2mm/km; por ejemplo, las coordenadas Norte y Este transportadas a una distancia de 1.000 m, tendrán una precisión relativa de 6 a 7 mm, lo que corresponde a una precisión relativa horizontal entre 1/166.000 y 1/ 142.000. Por otra parte la precisión altimétrica (h), respecto al elipsoide, es algo menos precisa que la planimétrica, alcanzando el orden de $\pm (0,010\text{m} + 3 \text{ a } 4\text{ppm})$. Estas precisiones se alcanzan empleando los procedimientos y bajo las condiciones citadas en los Aspectos Normativos de las Secciones 2.304.7 y 2.312.9 del Manual de Carreteras, Versión 2001.

2.1 DETERMINACIONES ALTIMÉTRICAS

Se consideran dos superficies de referencias para la coordenada altimétrica: el ELIPSOIDE y el GEOIDE. El elipsoide es la figura donde se realizan los cálculos geodésicos y donde se representan las coordenadas planimétricas, latitud y longitud o, de donde se proyectan las coordenadas planas, norte y este. Siendo el elipsoide un concepto puramente analítico, no tiene aplicación en la ingeniería ni en la geodesia aplicada, en consecuencia las alturas deben referirse a la superficie definida por el Nivel Medio del Mar – NMM. Esta última superficie es equipotencial, lo que significa que en ella se tiene un valor de atracción gravitacional constante, es una superficie que no puede ser representada analíticamente, por lo que se recurre a modelos que la representen.

Heiner Lange – René Zepeda / “Desarrollo y Validación de procedimientos para mejorar la precisión en las determinaciones altimétricas mediante GPS en Chile”, 2001.

La altura variable respecto al elipsoide se denomina ONDULACIÓN GEOIDAL y se identifica como “N”. La altura elipsódica “h” y la altura sobre el NMM “H”, se relacionan por:

$$N = h - H$$

En los proyectos de ingeniería las mediciones de interés son los DESNIVELES “ ΔH ” sobre el NMM, que se presentan entre elementos sobre la superficie terrestre. Esto significa que a partir de un punto de coordenadas y altura conocida y, a través de la diferencia de alturas (desniveles), se obtienen las alturas de los demás puntos.

Sean A un punto de altura H_A conocida y B un punto de altura a determinar H_B , entonces:

$H_B = H_A + \Delta H$, con $\Delta H = \Delta h - \Delta N$, según se muestra en la figura 1.

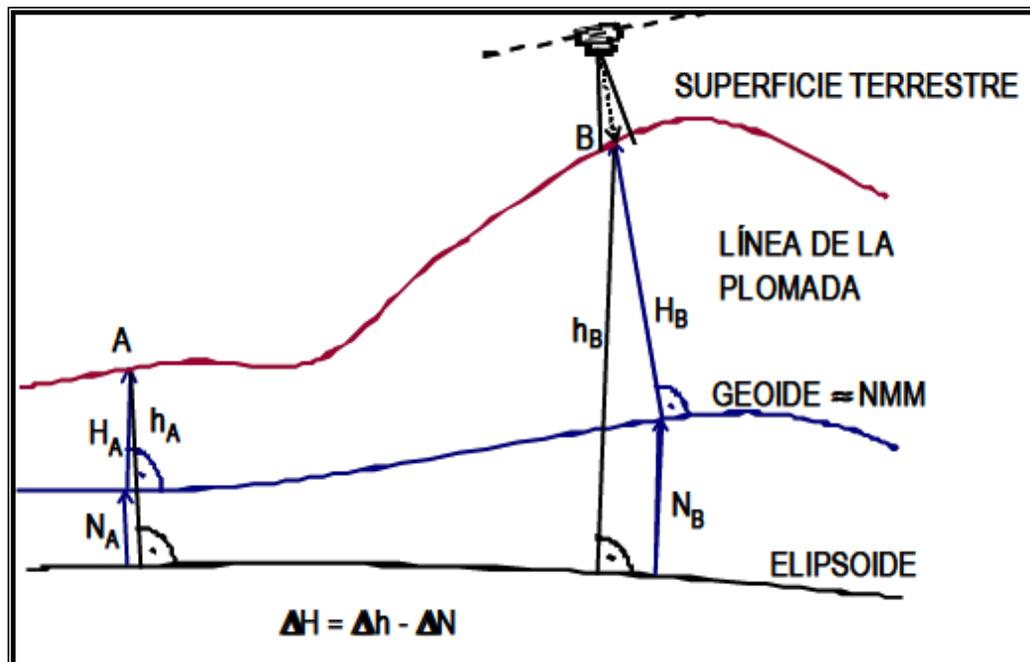


Figura 2-1: Relación entre desniveles.

(“Desarrollo y Validación de procedimientos para mejorar la precisión en las determinaciones altimétricas mediante GPS en Chile”, 2001)

Sea σ_N el error, o precisión, de ΔN y σ_h el error, o precisión, de Δh . El error resultante σ_H de ΔH será:

$$\sigma_H = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_N^2}$$

Consecuentemente, la precisión final del desnivel ΔH depende de la precisión de Δh (proveniente de la determinación con GPS) y de ΔN (dado por el modelo geoidal adoptado). Por otro lado, la precisión σ_h , citada anteriormente, de $\pm (0,010\text{m} + 3 \text{ a } 4\text{ppm})$, se logra bajo las condiciones normativas que constan en el Volumen 2, Capítulo 2.300 del Manual de Carreteras, Versión 2001, específicamente en las Secciones 2.304 y 2.312.

2.2 MODELOS GEOIDALES

El geoide es una superficie ondulada que se aproxima al Nivel Medio del Mar (NMM), tales ondulaciones son producto de la heterogeneidad de la masa de la Tierra y depende, principalmente de la variación de concentración de masa a través de continentes y océanos.

De acuerdo a publicaciones de la NASA, Sudamérica está solo parcialmente cubierta de datos, lo que hace que este modelo deba ser usado con precaución y criterio.

Para la confección del EGM96, NIMA, NASA y la Universidad de Ohio calcularon anomalías de gravedad para la Tierra en una grilla de $30' \times 30'$, lo que aproximadamente representa 55×55 km en latitudes medias. Finalmente se ha puesto a disposición pública mundial, una base de valores de ondulaciones geoidales en grilla de $15' \times 15'$, aproximadamente 25×25 km, disponibles en archivos binarios, los cuales pueden ser usados por los programas de procesamiento de datos GPS o en forma separada. Los datos de entrada son las coordenadas geodésicas del punto deseado y los valores de ondulación se extraen del archivo por interpolación no lineal.

El modelo EGM96, que representa globalmente el geoide, debido a su resolución y escala de confección, no presenta mayores detalles en territorio chileno, por ese motivo y como una primera evaluación del comportamiento del NMM en el territorio

continental de Chile, se confeccionó un mapa de ondulaciones y un modelo 3D, ambos obtenidos directamente del modelo EGM96, extraídos para una grilla de 6' x 6', aproximadamente 10x10km.

La ondulación geoidal tiende a ser menos homogénea en zonas cordilleranas más que en las zonas litorales y sus diferencias se acentúan en el sentido Este-Oeste más que en el sentido Norte-Sur para el caso de Chile.

3 ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se extiende por 37.5 kilómetros del Río Maipo, entre la confluencia del Río Clarillo, en Puente Alto y el Puente Naltahua, en Isla de Maipo.

En la Figura 3-1 se observan los 4 tramos que serán controlados topográficamente.



Figura 3-1. Zona de Estudio

Fuente: Google Earth

4 METODOLOGÍA

4.1 RED GEODÉSICA.

Se crea una red geodésica compuesta por 20 puntos que servirán para referir todas las mediciones topográficas realizadas a un mismo sistema de coordenadas, por lo que deben ser vinculados a un vértice geodésico de apoyo de la red Nacional para determinar sus coordenadas y a un pilar de nivelación IGM para determinar su cota.

La monumentación de la red geodésica es construida de acuerdo a las Especificaciones Técnicas Topográficas DOH 2011.

4.2 DISEÑO DE RED GEODÉSICA GPS.

Con la finalidad de materializar una red de vértices georreferenciados convenientemente distribuidos en la zona de estudio, se diseñan redes medidas por medio de tecnología GPS, utilizando la metodología diferencial estática. Para ellos se utilizan 4 equipos Trimble doble frecuencia modelos R6 y R6-2. Los tiempos de medición están de acuerdo en lo estipulado en la Especificaciones Técnicas Topográficas DOH 2011, lo que asegura una calidad de la información suficiente para la realización del post-proceso de los datos.

En cada uno de los sectores de interés se generan triángulos, los cuales permitirán realizar una medición y un ajuste de las figuras. Además de formar figuras cerradas, se considera la accesibilidad a los vértices.

La **Figura 4-1**, muestra la geometría de la red geodésica diseñada.

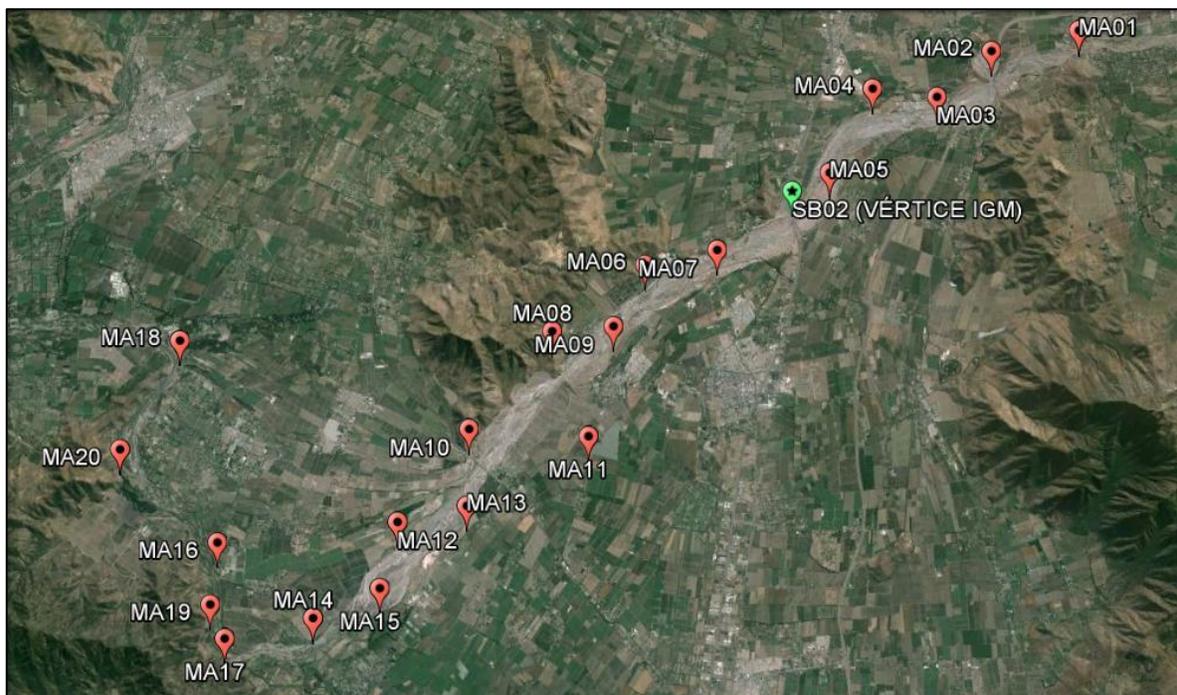


Figura 4-1 : Red primaria a partir del vértice “SB02”.

Fuente: Google Earth

4.2.1 LONGITUD DE LAS LÍNEAS BASE

La medición se realiza con cuatro equipos en forma simultánea, de tal manera que se generan cuadriláteros y triángulos que en su gran mayoría tienen lados de menos de 5 kilómetros de largo.

4.3 VÉRTICE GEODÉSICO DE APOYO

Con la finalidad de referir o ligar todos los trabajos a realizar, a la Red Geodésica Nacional oficial IGM, se utiliza el vértice geodésico “SB02”, del Instituto Geográfico Militar (IGM). Dicho vértice está al Dátum SIRGAS, elipsoide GRS-80, zona 19 sur.

El certificado de coordenadas y monografía del vértice geodésico SB02, se muestran en la Figura 4-2.



IGM 7.5-4.0.1
Revisión : 4

CERTIFICADO DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS PLANAS Y ALTURA

Fecha, 07 de abril de 2015
OT N° 1 - 15

Solicitadas por : **INSTITUTO NACIONAL DE HIDRAULICA**

Datum : SIRGAS
Elipsoide : GRS-80
Unidad : N, E y Altura en metros.

Nombre de la Estación	Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas		Altura	Altura	Zona
	Latitud	Longitud	Norte	Este	Elipsoidal	NMM	
I.M. SAN BERNARDO 2 (SB02)	33° 41' 18,7543"	70° 43' 27,8718"	6.271.042,529	340.186,387	539,4865	—	19

NOTA : Las coordenadas entregadas en este certificado estan referidas a la época: 2002.0
Los Valores de coordenadas son vigentes hasta el 26 de Febrero de 2010




GONZALO MOLINA DÍAZ
Jefe de Asesoría Técnica
Subdirección Comercial

Sala de Ventas - Calle Dieciocho 369, Santiago - Teléfonos: (56-2) 2410 9360 / 2410 9363 - Fax: (56-2) 2410 9380
Email: ventas@igm.cl - Web: www.igm.cl

Figura 4-2 : Certificado de coordenadas geográficas planas y altura

Fuente: IGM



MONOGRAFÍA DE VÉRTICE GEODÉSICO

DATUM:	SIRGAS	ELIPSOIDE:	GRS-80	UNIDADES:	N, E, Altura en Metros	EPOCA:	2002.0
CIUDAD:	SANTIAGO	NOMBRE:	I.M. SAN BERNARDO 2	CÓDIGO:	SB02	AÑO:	2004
LATITUD:	33° 41' 19"	LONGITUD:	70° 43' 28"				
NORTE:	6,271,043	ESTE:	340,166	ZONA:	19	ALTURA ELIPSOIDAL:	539

DESCRIPCIÓN: **Monolito de hormigón.**
 LOCALIZACIÓN: **Costado nororiente del Puente Maipo.**
 CONTACTOS: **I. M. SAN BERNARDO**
 ITINERARIO: **Puente Río Maipo en Ruta 5, cabezal norte, entre el puente antiguo y el puente de la Autopista Central.**



REALIZO: **I. MUNICIPALIDAD SAN BERNARDO**

ADVERTENCIA: En caso de no encontrarse físicamente el vértice geodésico, se solicita informar a sirgashile@gm.cl
 La precisión de las coordenadas de esta monografía es de ± 10 metros
 Si requiere certificado de coordenadas, comuníquese con ventas@gm.cl

Figura 4-3: Monografía de vértice geodésico SB02.

Fuente: IGM.

4.4 PUNTO DE NIVELACIÓN DE APOYO

Para determinar las cotas de los vértices de la red geodésica se realizará una nivelación geométrica. Para ello Se toma como punto de Inicio el Punto de Nivelación 29e-14-06 del Instituto Geográfico Militar, el cual cuenta con cota referida al nivel medio del mar (en metros).



IGM 7.5-4.0.4
Revisión: 3

CERTIFICADO DE PILARES DE NIVELACIÓN CON VALORES DE ALTURA

Fecha, 07 de abril de 2015
OT N° 1 - 15

Solicitadas por : **INSTITUTO NACIONAL DE HIDRAULICA**

Unidad : Cota referida al nivel medio del mar (en metros)

Linea	Numero de Pilar	Año	Coordenadas Geográficas		Cota
			Latitud	Longitud	
POL	E29_14	2006	33° 39' 9,5"	70° 39' 36,61"	585,486

NOTA: Las coordenadas entregadas en este certificado son solo referenciales.




GONZALO MOLINA DÍAZ
Jefe de Asesoría Técnica
Subdirección Comercial

Sala de Ventas - Calle Dieciocho 369, Santiago - Teléfonos: (56-2) 2410 9360 / 2410 9363 - Fax: (56-2) 2410 9380
 Email: ventas@igm.cl - Web: www.igm.cl

Figura 4-4: Certificado de pilar de nivelación

Fuente: IGM

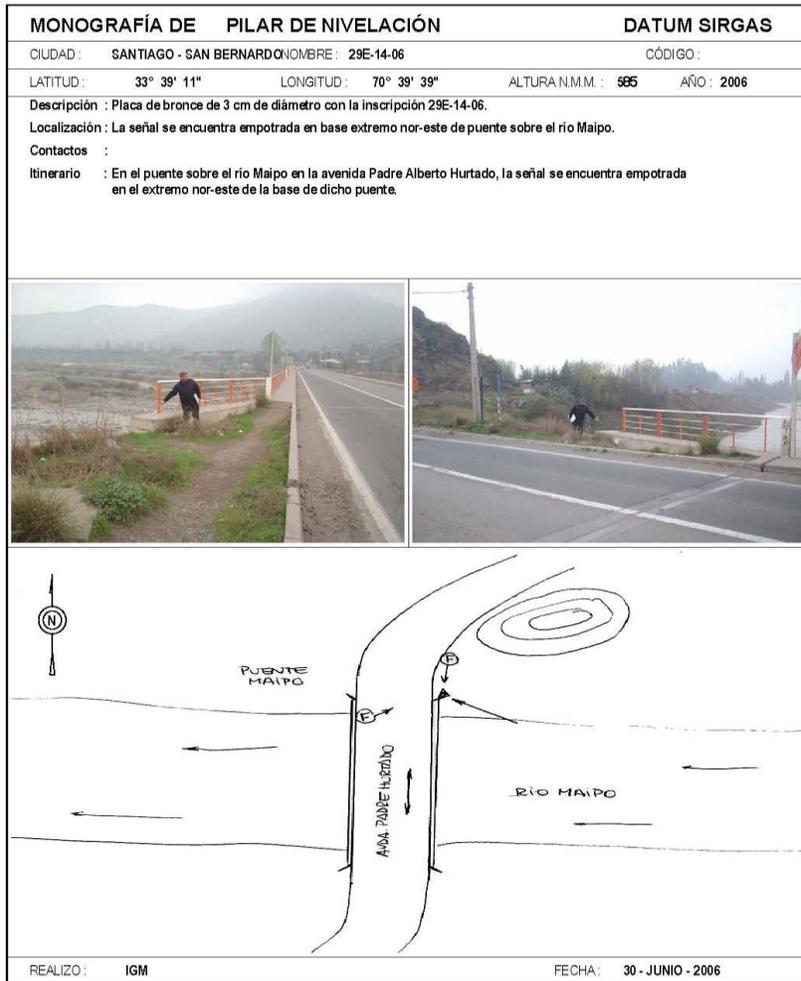


Figura 4-5: Monografía de pilar de nivelación.

Fuente: IGM

5 DESARROLLO

5.1 MONUMENTACIÓN DE VÉRTICES

La monumentación de vértices se realiza de acuerdo a lo estipulado las ETTDOH, según lo indicado en la Figura 5-1.

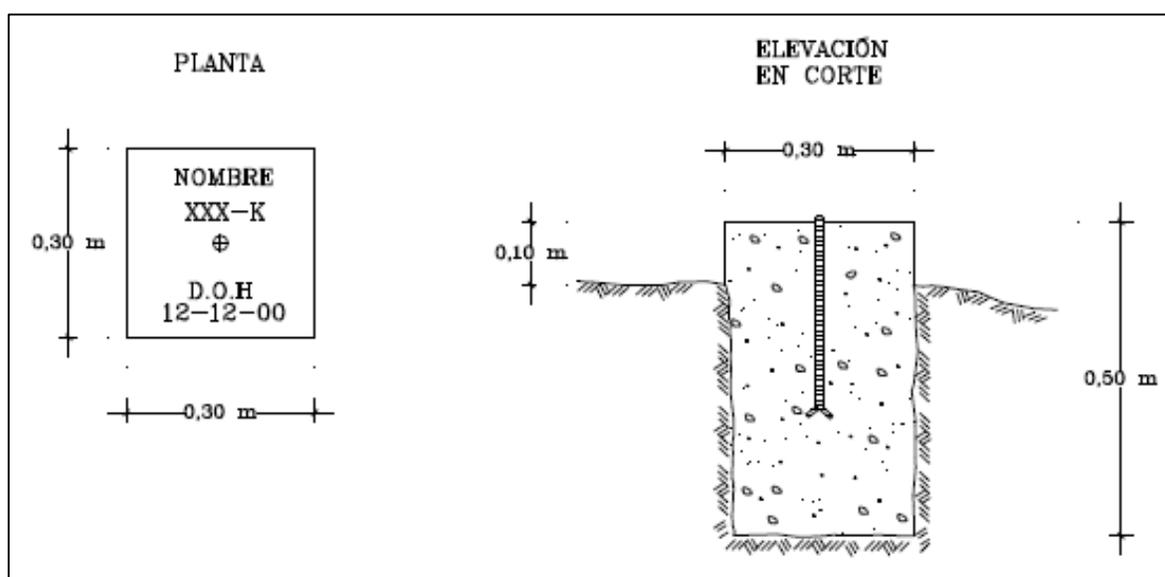


Figura 5-1: Esquema de monumentación de vértice geodésico.

Fuente: ETTDOH 2011.



Figura 5-2: Monumentación de vértice



Figura 5-3: Monumentación de vértice



Figura 5-4: Monumentación de vértice



Figura 5-5: Monumentación de vértice



Figura 5-6: Vértice MA01



Figura 5-7: Vértice MA02



Figura 5-8: Vértice MA03



Figura 5-9: Vértice MA04



Figura 5-10: Vértice MA05



Figura 5-11: Vértice MA06



Figura 5-12: Vértice MA07



Figura 5-13: Vértice MA08



Figura 5-14: Vértice MA09



Figura 5-15: Vértice MA10



Figura 5-16: Vértice MA11



Figura 5-17: Vértice MA12



Figura 5-18: Vértice MA13



Figura 5-19: Vértice MA14



Figura 5-20: Vértice MA15



Figura 5-21: Vértice MA16



Figura 5-22: Vértice MA17



Figura 5-23: Vértice MA18



Figura 5-24: Vértice MA19



Figura 5-25: Vértice MA20

5.2 MEDICIÓN VECTORES GPS

Las mediciones se realizan utilizando la metodología diferencial estática. Para ellos se utilizan 4 equipos Trimble doble frecuencia modelos R6 y R6-2.

La medición se realizó cumpliendo los lineamientos indicados en la tabla que se encuentra en el punto “3.4 Exigencias y tolerancias”, que se expone a continuación:

Tipo de Trabajo	Duración de sesión
Batimetría	1 época por punto
Levantamiento Topográfico de puntos de relleno	1 época por punto
Levantamiento Topográfico de detalle por punto	2 minutos
Determinación de coordenadas de PRs, Apoyo terrestre de restituciones fotogramétricas hasta 5 Km entre la base y el móvil.	30 minutos
Densificación de redes, traslado de coordenadas y poligonales	1 hora
Monitoreo de obras civiles y distancia mayores a los 20 Km.	2 o más sesiones de 1 hora en distintos momentos del día

Tabla 5-1: Exigencias y tolerancias para medición GPS.

Fuente: ETTDOH 2011

En los ANEXOS se adjuntan los todos los REGISTROS GPS TERRENO, que aparecen en el punto 3.7.4 de las Especificaciones Técnicas Topográficas DOH 2011.



Figura 5-26: Medición vértice MA01



Figura 5-27: Medición vértice MA02



Figura 5-28: Medición vértice MA03



Figura 5-29: Medición vértice MA04



Figura 5-30: Medición vértice MA05



Figura 5-31: Medición vértice MA06



Figura 5-32: Medición vértice MA07



Figura 5-33: Medición vértice MA08



Figura 5-34: Medición vértice MA09



Figura 5-35: Medición vértice MA10



Figura 5-36: Medición vértice MA11



Figura 5-37: Medición vértice MA12



Figura 5-38: Medición vértice MA13



Figura 5-39: Medición vértice MA14



Figura 5-40: Medición vértice MA15



Figura 5-41: Medición vértice MA16



Figura 5-42: Medición vértice MA17



Figura 5-43: Medición vértice MA18



Figura 5-44: Medición vértice MA19



Figura 5-45: Medición vértice MA20

5.2.1 EQUIPOS UTILIZADOS

Para la medición de las líneas base se realizó con 4 equipos de doble frecuencia, marca Trimble, modelos R6 (2 antenas) y R6-2 (2 antenas).



Figura 5-46: Equipo GPS Trimble.

5.3 NIVELACIÓN DE LA RED GEODÉSICA.

Las alturas que se obtienen con el sistema GPS son alturas elipsoidales (tiene como marco de referencia el elipsoide WGS84), las alturas que se obtienen con nivelación geométrica son mucho más precisas, sin embargo, este proceso es mucho más lento, lo que conlleva un aumento de costos, pues las cuadrillas de medición deben permanecer por más tiempo en terreno.

Para asegurar una buena calidad en la altimetría de los levantamientos, se nivela geoméricamente todos los vértices de la red geodésica. La nivelación se realiza por doble posición instrumental.

La nivelación es realizada por dos cuadrillas que avanzaron por cada una de las riberas del río. Ambas nivelaciones se relacionan a través de 3 puntos en común, señalados en color rojo en la Figura 5-48.

5.3.1 EQUIPOS UTILIZADOS

La nivelación geométrica se realiza con niveles marca Sokkia, modelo C320, con calibración reciente. Además se utilizaron miras topográficas de 4 metros.



Figura 5-47: Nivel Sokkia c-320.

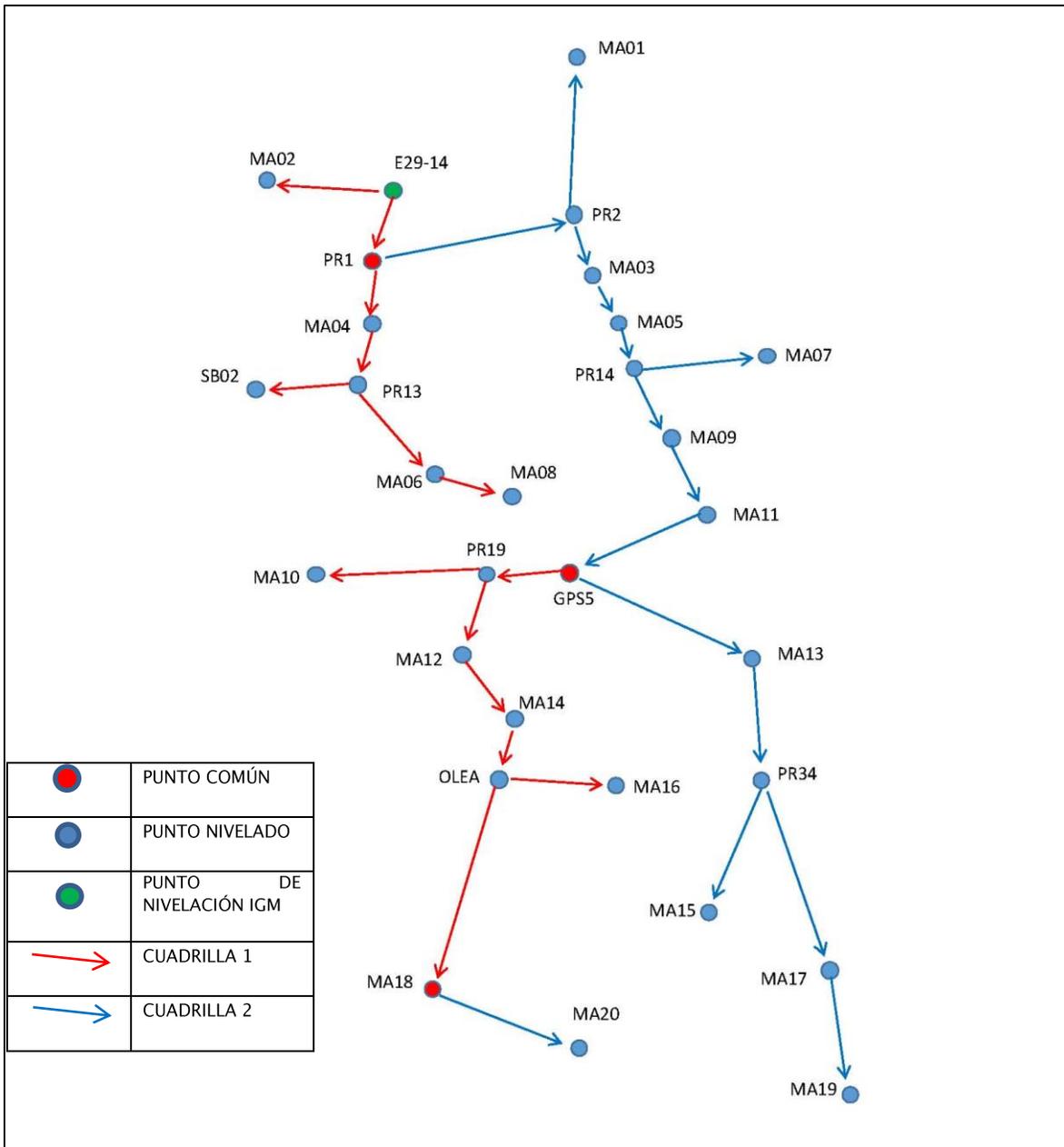


Figura 5-48: Esquema de Nivelación

Fuente: Elaboración propia

6 PROCESO DE LA INFORMACIÓN

6.1 PROCESO DE LA MEDICIÓN DE VECTORES

Realizada la totalidad de las mediciones de campo se ejecuta el post-procesamiento de datos. El post-procesamiento consta en el procesamiento de líneas base GPS y el posterior ajuste de las figuras, lo que se realiza a través del software Trimble Business Center (TBC). Los resultados son presentados en las siguientes figuras.

La **Figura 6-1** muestra la pantalla del software que indica que todos los vectores fueron fijados correctamente (color azul).

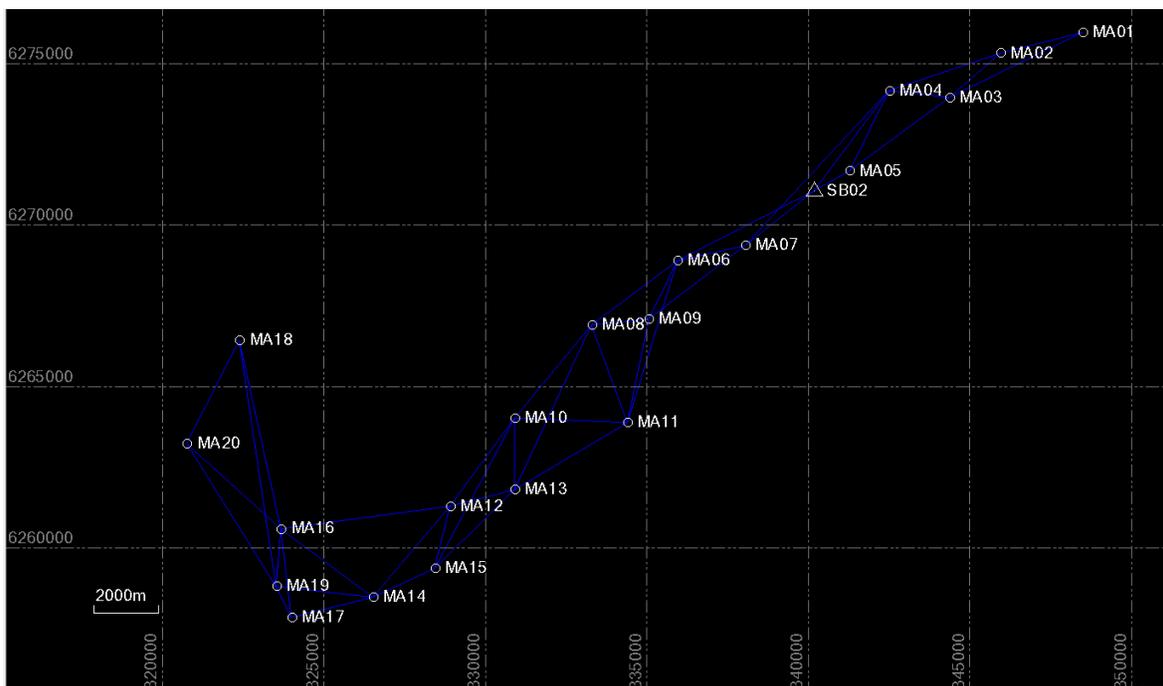


Figura 6-1: Red geodésica en software de Postprocesamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Datos del archivo del proyecto		Sistema de coordenadas		
Nombre:		Nombre:	UTM	
Tamaño:		Datum:	WGS 1984	
Modificado/a:		Zona:	19 South (69W)	
Zona horaria:		Geoide:	EGM08_1X1	
Número de referencia:		Datum vertical:		
Descripción:				

Lista de puntos

ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Código de característica
MA01	348470.875	6275941.035	611.695	
MA02	345937.331	6275299.415	591.091	
MA03	344363.606	6273934.856	557.785	
MA04	342487.509	6274144.295	542.084	
MA05	341270.616	6271660.940	515.592	
MA06	335941.150	6268881.709	461.840	
MA07	338032.293	6269352.623	481.813	
MA08	333280.143	6266893.204	563.047	
MA09	335054.775	6267081.927	444.696	
MA10	330908.291	6264021.642	410.821	
MA11	334395.222	6263874.719	427.563	
MA12	328899.628	6261291.213	373.905	
MA13	330904.688	6261800.700	388.635	
MA14	326514.409	6258478.127	348.116	
MA15	328427.754	6259370.021	359.001	
MA16	323668.241	6260589.489	330.230	
MA17	323990.384	6257851.687	346.126	
MA18	322380.530	6266427.167	307.401	
MA19	323520.617	6258810.305	336.903	
MA20	320752.238	6263230.454	332.375	
SB02	340166.387	6271042.529	513.489	

20/04/2015 11:18:37		Trimble Business Center
---------------------	--	-------------------------

Figura 6-2: Reporte de Procesamiento de la red geodésica.

Fuente: Elaboración propia.

6.1.1 AJUSTE DE LA RED GEODÉSICA

Una vez concluido el post-procesamiento de las líneas bases se procede a realizar el ajuste de la red. El ajuste se realiza exitosamente, pasando la prueba de Chi al cuadrado, como se muestra en la Figura 6-3.

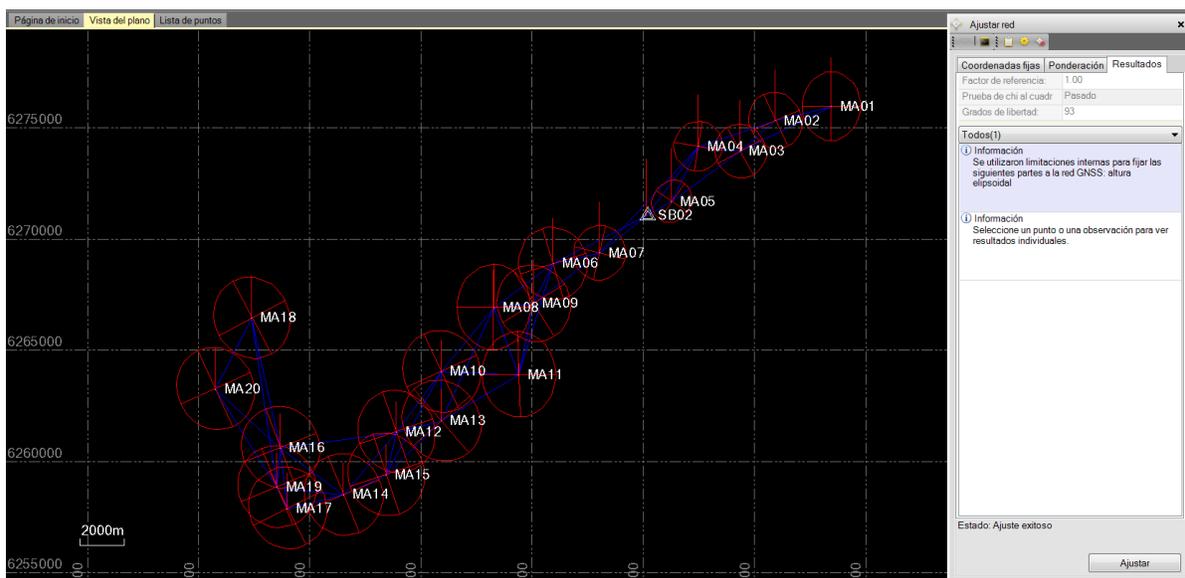


Figura 6-3: Ajuste de la red geodésica.

Fuente: Elaboración propia.

6.2 PROCESO DE LA NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

La información capturada en terreno (en libretas de nivelación) fue digitalizada y los desniveles fueron calculados en el programa Excel, mediante una planilla automatizada para el cálculo de desniveles y cotas.

PUNTO	HILO	ATRÁS	ADELANTE	DESNIVEL POS.1	DESNIVEL POS.2	DESNIVEL PROMEDIO	COTA
PUNTO 1	S						
	M						
	I						
PUNTO 2	S						
	M						
	I						
PUNTO 1	S						
	M						
	I						
PUNTO 2	S						
	M						
	I						
PUNTO 3	S						
	M						
	I						
PUNTO 2	S						
	M						
	I						
PUNTO 3	S						
	M						
	I						
PUNTO 4	S						
	M						
	I						
PUNTO 3	S						
	M						
	I						

Figura 6-4: Planilla de cálculo de desniveles y cotas.

Fuente: Elaboración propia.

7 RESULTADOS

7.1 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE VECTORES

ID de punto	Latitud	Longitud	Este (Metro)	Valor norte (Metro)	Elevación (Metro)	Altura (Metro)
MA01	S33°38'44.14939"	O70°38'02.43905"	348470.874	6275941.035	612.316	638.909
MA02	S33°39'03.66345"	O70°39'41.15680"	345937.333	6275299.415	591.707	618.164
MA03	S33°39'47.12632"	O70°40'43.09070"	344363.607	6273934.857	558.407	584.790
MA04	S33°39'39.33380"	O70°41'55.77478"	342487.512	6274144.295	542.702	569.000
MA05	S33°40'59.28004"	O70°42'44.60267"	341270.617	6271660.941	516.210	542.453
MA06	S33°42'26.56189"	O70°46'13.34930"	335941.151	6268881.705	462.469	488.466
MA07	S33°42'12.43521"	O70°44'51.83636"	338032.292	6269352.622	482.428	508.519
MA08	S33°43'29.60258"	O70°47'58.02626"	333280.145	6266893.201	563.670	589.548
MA09	S33°43'24.47706"	O70°46'48.97445"	335054.775	6267081.924	445.326	471.274
MA10	S33°45'01.44114"	O70°49'32.11982"	330908.298	6264021.638	411.453	437.229
MA11	S33°45'08.19251"	O70°47'16.75007"	334395.225	6263874.716	428.195	454.086
MA12	S33°46'28.88899"	O70°50'52.05740"	328899.637	6261291.210	374.542	400.240
MA13	S33°46'13.51491"	O70°49'33.78860"	330904.693	6261800.697	389.268	415.022
MA14	S33°47'58.78076"	O70°52'26.73631"	326514.417	6258478.126	348.773	374.408
MA15	S33°47'30.96084"	O70°51'11.73787"	328427.763	6259370.020	359.653	385.326
MA16	S33°46'48.56921"	O70°54'15.85058"	323668.262	6260589.496	330.864	356.471
MA17	S33°48'17.60779"	O70°54'05.29671"	323990.392	6257851.684	346.788	372.393
MA18	S33°43'38.35442"	O70°55'01.67367"	322380.551	6266427.173	308.036	333.638
MA19	S33°47'46.21750"	O70°54'22.86789"	323520.624	6258810.305	337.550	363.151
MA20	S33°45'21.10401"	O70°56'07.24224"	320752.259	6263230.462	332.998	358.569
SB02	S33°41'18.75433"	O70°43'27.87183"	340166.387	6271042.529	514.105	540.297

Tabla 7-1: Resultados de la medición de vectores.

Fuente: Elaboración propia.

7.2 RESULTADOS NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

En la Tabla 7-2 se muestra las cotas para los distintos vértices obtenidas mediante la nivelación geométrica.

VÉRTICE	COTA (m)
SB02	514.105
MA01	612.163
MA02	591.585
MA03	558.319
MA04	542.644
MA05	516.192
MA06	462.512
MA07	482.451
MA08	563.646
MA09	445.367
MA10	411.455
MA11	428.238
MA12	374.542
MA13	389.288
MA14	348.729
MA15	359.630
MA16	330.834
MA17	346.688
MA18	308.111
MA19	337.456
MA20	332.996

Tabla 7-2: Resultados Nivelación.

Fuente: Elaboración propia.

7.3 RESUMEN DE COORDENADAS Y COTAS

Los resultados obtenidos para la presente etapa se presentan en la Tabla 7-3.

ID de punto	Latitud	Longitud	Este (Metro)	Valor norte (Metro)	COTA NMM (Metro)
MA01	S33°38'44.14939"	O70°38'02.43905"	348470.874	6275941.035	514.105
MA02	S33°39'03.66345"	O70°39'41.15680"	345937.333	6275299.415	612.163
MA03	S33°39'47.12632"	O70°40'43.09070"	344363.607	6273934.857	591.585
MA04	S33°39'39.33380"	O70°41'55.77478"	342487.512	6274144.295	558.319
MA05	S33°40'59.28004"	O70°42'44.60267"	341270.617	6271660.941	542.644
MA06	S33°42'26.56189"	O70°46'13.34930"	335941.151	6268881.705	516.192
MA07	S33°42'12.43521"	O70°44'51.83636"	338032.292	6269352.622	462.512
MA08	S33°43'29.60258"	O70°47'58.02626"	333280.145	6266893.201	482.451
MA09	S33°43'24.47706"	O70°46'48.97445"	335054.775	6267081.924	563.646
MA10	S33°45'01.44114"	O70°49'32.11982"	330908.298	6264021.638	445.367
MA11	S33°45'08.19251"	O70°47'16.75007"	334395.225	6263874.716	411.455
MA12	S33°46'28.88899"	O70°50'52.05740"	328899.637	6261291.210	428.238
MA13	S33°46'13.51491"	O70°49'33.78860"	330904.693	6261800.697	374.542
MA14	S33°47'58.78076"	O70°52'26.73631"	326514.417	6258478.126	389.288
MA15	S33°47'30.96084"	O70°51'11.73787"	328427.763	6259370.020	348.729
MA16	S33°46'48.56921"	O70°54'15.85058"	323668.262	6260589.496	359.63
MA17	S33°48'17.60779"	O70°54'05.29671"	323990.392	6257851.684	330.834
MA18	S33°43'38.35442"	O70°55'01.67367"	322380.551	6266427.173	346.688
MA19	S33°47'46.21750"	O70°54'22.86789"	323520.624	6258810.305	308.111
MA20	S33°45'21.10401"	O70°56'07.24224"	320752.259	6263230.462	337.456
SB02	S33°41'18.75433"	O70°43'27.87183"	340166.387	6271042.529	332.996

Tabla 7-3: Resumen de coordenadas y cotas.

Fuente: Elaboración propia

7.4 MEDICIÓN TOPOGRÁFICA

Una vez que se tienen las coordenadas y cotas de los vértices geodésicos generados, se está en condiciones de comenzar con los levantamientos topográficos, correspondientes a la etapa 2.

La medición será realizada mediante aerofotogrametría con avión no tripulado (Drone), que consiste en realizar restituciones a partir de fotografías rectificadas (ortomosaicos), que son georreferenciados a partir de puntos de apoyo terrestre, que son materializados en terreno a partir de los vértices de la red geodésica, objeto del presente informe.

La materialización de los puntos de apoyo terrestre será realizada con tecnología GPS RTK (Real Time Kinematic, o Gps en tiempo real), este procedimiento implica utilizar equipos GPS geodésicos, provistos de radios internas, lo que permite la transmisión del cálculo de ambigüedades. Con esto, se pueden obtener resultados inmediatamente, eliminando una etapa de post-procesamiento de la información GPS.

Para el levantamiento en detalle de obras se utilizará Scanner Laser, el que permite obtener una mejor definición de las zonas levantadas debido al nivel de detalle capaz de obtener por el equipo. Por otra parte, el Scanner Laser Topcon GLS-1500 tiene la particularidad de realizar el levantamiento ya georreferenciado, disminuyendo complicaciones en el post-proceso y manteniendo un orden adecuado de la información.

Además, se utilizará estación total y medición de puntos con GPS en tiempo real.

8 ANEXOS