



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS Y
PROGRAMAS DE OBSERVACIÓN PARA LA
NIVELACIÓN CON NIVELES DIGITALES**

TESIS EN OPCIÓN AL GRADO DE MASTER EN TOPOGRAFÍA MINERA

Autor: Ing. Alejandro Ortiz Mora

Tutor: Dr. C. José Sindo Rueda Pérez

M. Sc. Alexis Montes de Oca Risco

Moa
2013

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo no hubiera sido posible sin la ayuda, la dedicación, el apoyo y participación desinteresada de amigos y compañeros. Nombrarlos a todos sería la mejor forma de demostrarle lo eternamente agradecido que se encuentra este servidor, pero por otra parte podría caer en omisiones que no me perdonaría. No obstante, en estas breves líneas les expreso mi más sincero y fraternal agradecimiento. A mi familia, principalmente a mi esposa e hija por el apoyo incondicional. Por ser capaces de entenderme y darme el ánimo necesario para seguir adelante sin mirar el tiempo que no pude brindarles.

A mi madre por ser la principal formadora de este ser que se conmueve por su externa comprensión y a mi padre a pesar de no estar presente.

A la M. Sc. Amarilis Molina Fonseca e Ing. Ariel Lovaina Teruel por apoyo incondicional, su ánimo constante, su preocupación y la confianza depositada durante toda la etapa de preparación hasta la terminación del trabajo.

Al Dr. C. Luis E. Acosta González por su aportarte y apoyo durante la confección, así como el ánimo para seguir adelante.

Al Dr. C. Jose Rueda Pérez por su dedicación como tutor y por guiarme durante la confección del presente trabajo.

Al Dr. C. Jorge García por su valiosa y desinteresada ayuda.

A la Empresa GEOCUBA Oriente Norte por el apoyo en la realización de los trabajos que tributaron a los resultados del trabajo, en especial a los integrantes de la comisión de nivelación.

Al Dr. C. Belete Fuentes y claustro de profesores de la Universidad de Moa que estuvieron presentes durante nuestra preparación, por la confianza depositada y su apoyo para que este trabajo llegara a su término.

A todos les ofrezco el más sencillo de los
reconocimientos.
Muchas gracias.

DEDICATORIA

*A mi esposa e hija, razones de la dedicación y el empeño.
A mis padres, educadores de alma y el espíritu.*

RESUMEN

El presente trabajo aborda sobre la problemática de la introducción de los niveles digitales. Recoge el análisis realizado sobre su estado actual y enfoque en el ámbito nacional e internacional para los trabajos de nivelación de alta precisión. Dirigido a la búsqueda de las metodologías que rigen esta actividad para confirmar que los documentos rectores vigentes no están acordes a este desarrollo. Se presentan nuevos parámetros técnicos y programas de observación para los diferentes tipos de nivelación, según el alcance de estos niveles. Esto facilita la explotación óptima en la ejecución de los trabajos de Geodesia y Topografía. Se demuestra la factibilidad de los resultados alcanzados y la importancia de cambiar la visión actual de la nivelación a partir del análisis profundo de los errores implícitos en el proceso de medición, así como la magnitud y el valor de su influencia en los resultados finales. Queda demostrado con la validación de los datos obtenidos en varios casos de estudio como: Polígonos Geodinámicos y Líneas de Nivelación de I y II Orden de la región niquelífera de Holguín para la determinación de altitudes de cotas de nivelación. Se realizan análisis comparativos con los valores obtenidos con los niveles actuales y los tradicionales para darle mayor peso a las conclusiones finales.

ABSTRACT

The present work approaches on the problem of the introduction of the digital levels. It picks up the analysis carried out on their current state and focus in the national and international environment in the works of leveling of high precision about the growth of the use of this technology. Directed to the search of the methodologies that you/they govern this activity to confirm that the documents effective rectors are not in agreement to this development. They show up technical new parameters and observation programs for the different leveling types, according to the reach of these levels. This facilitates the good exploitation in the execution of the works Geodesy and Topography. It is demonstrated the feasibility of the reached results and the importance of changing the current vision of the leveling starting from the deep analysis of the implicit errors in the mensuration process, as well as the magnitude and the value of their influence in the final results. It is demonstrated with the validation of the data obtained in several cases of study as: Polygons and Lines of leveling of I and II Order of the region of Holguín for the determination of altitudes of leveling bench marks. They are carried out comparative analysis with the values obtained with the current levels and the traditional ones to give bigger weight to the final conclusions.

ÍNDICE

ÍNDICE

	Págs.
INTRODUCCIÓN	1
I. ESTADO ACTUAL DE LA NIVELACIÓN CON NIVELES DIGITALES	5
I.1 Generalidades.	5
I.2 Estado actual de la temática en el mundo.	5
I.3 Antecedentes y actualidad del tema en nuestro país.	14
I.4 Conclusiones parciales.	19
II. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS TÉCNICOS Y PROGRAMAS DE OBSERVACIÓN PARA EL EMPLEO DE NIVELES DIGITALES	20
II.1 Especificaciones generales.	20
II.2 Errores presentes en la nivelación con niveles digitales.	21
II.2.1 Errores instrumentales.	22
II.2.2 Errores causados por el medio exterior.	27
II.3 Cálculo resumen de la precisión de la medición.	34
II.4 Clasificación de los instrumentos según el orden de la nivelación.	37
II.5 Parámetros técnicos de la nivelación.	38
II.6 Programa de observación.	41
II.7 Evaluación de la calidad de la nivelación.	44
II.8 Evaluación de la precisión de las redes de nivelación.	46
II.9 Conclusiones parciales.	47
III. DESARROLLO DE NIVELACIONES DE ALTA PRECISIÓN EN POLÍGONOS Y LÍNEAS SELECCIONADAS	49
III.1. Características físico-geológicas de la región niquelífera.	49
III.1.1 Caracterización físico-geológicas de las redes de nivelación.	51
III.2 Breve caracterización de la red de nivelación de la región.	53
III.2.1 Caracterización de las redes de nivelación de estudio.	53
III.3 Métodos utilizados en los trabajos de campo.	55
III.4 Análisis de los resultados de las mediciones de campo.	61
III.5 Evaluación de la calidad de las nivelaciones.	69
III.6 Evaluación de la precisión de las redes de nivelación.	72

III. 7 Conclusiones parciales.	72
CONCLUSIONES	-
RECOMENDACIONES	-
BIBLIOGRAFÍA	-
ANEXOS	-

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la ciencia avanza con pasos agigantados sobre todas las esferas, aumentando la eficiencia, productividad y facilidad de los diferentes trabajos. La Geodesia y la Topografía no quedan exentas de este desarrollo con el surgimiento de equipamientos de todo tipo y para cualquier trabajo topográfico.

Nuestro país no se encuentra fuera de este progreso e invierte cantidades de dinero en la adquisición de nuevas tecnologías. Con la introducción de los niveles digitales se hace necesario adaptarlos de forma rápida y completa en el proceso productivo, siguiendo las normas y principios técnicos. Para su fabricación se apoyan en parámetros específicos del lugar de referencia, sobre la base de los documentos que los organizan y rigen.

La diferencia entre los métodos de funcionamiento y la forma de realizar los trabajos según las Instrucciones Técnicas vigentes, hace necesario adaptarlos. Aplicarlos teniendo en cuenta las condiciones que actualmente norman las actividades en las cuales tienen participación, va dirigido al objetivo de mejorar la productividad del trabajo, eficiencia y capacidad de respuesta. Adecuarlos es tarea implícita en el desarrollo eficaz del proceso productivo, sin menospreciar lo que actualmente se establece en las normas, instrucciones y procedimientos.

En la búsqueda realizada se aprecia que los niveles digitales han adquirido un protagonismo en la ejecución de diferentes trabajos, para su empleo óptimo en nuestro país se aprecian las siguientes limitaciones:

1. No se han introducido completamente en el proceso productivo los niveles digitales para dar respuesta rápida a los diferentes trabajos de nivelación de alta precisión.
2. No existe compatibilidad entre los parámetros técnicos y métodos de medición implícitos en los niveles digitales con respecto a las Instrucciones Técnicas vigentes que rigen esta actividad en Cuba.
3. No se cuenta con una metodología que defina los parámetros técnicos para las nivelaciones de alta precisión con los niveles digitales, que viabilice el empleo óptimo de esta tecnología y la adecue a las condiciones de la nivelación en nuestro país.

Problema científico.

La necesidad de determinar nuevos parámetros técnicos y programas de observación para la nivelación de precisión con el empleo de niveles digitales, para su explotación óptima en el proceso productivo.

Campo de acción.

Nuevos parámetros técnicos y programa de observación para la nivelación de precisión.

Objeto de la investigación.

Niveles digitales.

Objetivo general.

Determinar nuevos parámetros técnicos y programas de observación de la nivelación de precisión, para la explotación de los niveles digitales.

Hipótesis.

Si se determinan nuevos parámetros técnicos y programas de observación para la nivelación de precisión con los niveles digitales, es posible su explotación de forma óptima en el proceso productivo.

Objetivos específicos.

1. Evaluar los errores de la nivelación digital.
2. Determinar los parámetros técnicos con el empleo de los niveles digitales.
3. Determinar los programas de observación para la nivelación de precisión.
4. Ejecutar nivelaciones de cada uno de los órdenes establecidos.
5. Validar la factibilidad de los nuevos parámetros técnicos y programas para los trabajos de nivelación con niveles digitales.

Alcance de la investigación.

Parámetros técnicos y programas de observación.

Actualidad del tema de investigación.

Utilizar nuevos parámetros técnicos y programas de observación en la nivelación de alta precisión, a partir del uso y empleo de niveles digitales, es una tarea actual que responde a aspectos fundamentales como son la explotación de la tecnología, el ahorro de recursos, rapidez en la ejecución de los trabajos y competitividad en el campo. Es preocupación lograr eficiencia en la aplicación y perfeccionamiento de los métodos de

trabajo según las nuevas tecnologías adquiridas y adecuarlas a las condiciones del país.

Métodos a emplear en la investigación.

Histórico-lógico: Se utilizó para la revisión y análisis de los diferentes documentos y definir los principales antecedentes y fundamentos de los programas de observaciones de las nivelaciones.

Análisis y síntesis: Reveló la actualidad del problema tratado o que se investiga, se usó para el análisis de los elementos e informaciones que abordan el tema de los programas de observación para las nivelaciones.

Hipotético deductivo: Se definió en la proposición de la hipótesis inicial a partir de la consulta y experiencias en el tema.

Teórico-experimental: Se realizó para confirmar, refutar y corroborar la hipótesis definida a través de la práctica.

Aporte Científico.

Se establecen por vez primera nuevos parámetros técnicos para la nivelación de alta precisión con niveles digitales.

Límites de la investigación.

Determinación de parámetros técnicos y establecimiento del programa de observaciones de las nivelaciones de alta precisión con niveles digitales.

Estructura del trabajo.

Capítulo 1: Estado actual del tema de la nivelación de alta precisión con el empleo de los niveles digitales. Análisis crítico de la bibliografía actual referida al tema en el ámbito internacional y nacional, donde se recogen los antecedentes y la tendencia del trabajo con los niveles digitales en respuestas a la determinación de altitudes como una de las tareas de la Geodesia.

Capítulo 2: Estudio de la influencia de los errores que intervienen en la nivelación digital como límite para la determinación de los parámetros y programas de observaciones óptimos para su explotación. Se exponen los fundamentos del cálculo de cada parámetro a modificar en las nuevas metodologías e instrucciones técnicas de nivelación a partir del empleo de los niveles digitales. Se proponen los nuevos

parámetros técnicos y programas de observación a utilizar durante los trabajos de nivelación.

Capítulo 3: Se ejecutan diferentes líneas de nivelación con el empleo de los niveles digitales y los nuevos parámetros técnicos y programas de observación que se proponen. Se realizan para todos los órdenes definidos en la nivelación actual (I, II, III y IV Orden). Se toman como casos de estudios líneas que tienen como base comparativa diferentes ciclos de medición con el empleo de los niveles tradicionales. Las redes de nivelación utilizadas se enmarcan en la región niquelífera de la provincia de Holguín (Polígono Geodinámico de la fábrica Moa Niquel S.A., Polígono geodinámico de la futura fábrica FERRONIQUEL Minera S.A., Línea de nivelación de la Presa Levisa y Línea de nivelación de la Base Geodésica CNN).

Los resultados tienen su aplicación práctica en el perfeccionamiento de los trabajos de nivelación con los niveles digitales a partir de la su ejecución bajo los principios de los parámetros técnicos y programas de observación propuesto. Se realiza la evaluación de los resultados alcanzados en cada una de las nivelaciones y comparación de los valores de desniveles obtenidos con los niveles digitales y tradicionales. Esto perfilar el nuevo camino de la nivelación digital que va más allá, hasta la elaboración matemática de las mediciones.

CAPÍTULO I

ESTADO ACTUAL DE LA NIVELACIÓN CON NIVELES DIGITALES

I. ESTADO ACTUAL DE LA NIVELACIÓN CON NIVELES DIGITALES

I.1 Generalidades.

En la actualidad la sustitución de los equipos tradicionales para los trabajos de Topografía y Geodesia, traducido en el uso de las nuevas tecnologías digitales ha adquirido un carácter estremecedor y un paso de avance a la atenuación paulatina de los errores sistemáticos que influyen en los trabajos de nivelación. En los últimos años es creciente el desarrollo tecnológico alcanzado a nivel internacional en todos los campos de la ciencia, siendo así también para la actividad de Geodesia y Topografía.

La necesidad de adecuar la nivelación, elemento de estudio, a las nuevas tendencias mundiales del desarrollo, se traduce en el proceso de medición de elevaciones o altitudes de puntos sobre la superficie de la tierra con el uso de niveles digitales (Casanova, 2005).

I.2 Estado actual de la temática en el mundo.

El empleo de las nuevas tecnologías es cada vez más evidente en los trabajos, así como la construcción de equipos capaces de determinar y obtener mediciones con un alto grado de precisión, calidad y fiabilidad en los resultados. En el caso de las nivelaciones como elemento de estudio dentro del campo de la Topografía y la Geodesia, no se encuentra exenta de este desarrollo. La introducción a los procesos productivos de los niveles digitales capaces de atenuar un gran número de los errores que influyen en las mediciones es una realidad vigente. La aplicación de correcciones y la eliminación del observador como elemento fundamental en la obtención de los resultados en campo son algunos de los elementos que nos confirman y ponen a reflexionar de la necesidad de cambiar nuestra visión sobre los trabajos de nivelación y los parámetros que los rigen.

Las ventajas que nos ofrecen y su uso generalizado es la vía para fundamentar la necesidad de realizar un estudio detallado de las Instrucciones Técnicas vigentes y en específico de los parámetros que la rigen. La experiencia práctica ha demostrado que los niveles digitales ahorran tiempo con respecto a los métodos convencionales, debido a la mayor velocidad del proceso de medición, al tratamiento más rápido de datos y seguridad gracias al registro de los resultados en soportes de datos. Apretando un botón los niveles miden y registran la altura en la mira y la distancia y calculan con ellas

la altitud del punto. Se afirman con la ventaja de mediciones sin errores de lectura ni de anotación, sin hacer cálculos a mano. Toda la información se muestra en la pantalla, que presenta con claridad todos los resultados de la medición e indica al usuario cuál es el siguiente paso, ayudándole a mantener siempre la perspectiva sobre el trabajo.

Sus amplias posibilidades de aplicación y fiabilidad están en dependencia de la precisión y capacidad de resolver todas las tareas de determinación de altitudes en levantamientos topográficos, medición de obras, nivelaciones hasta I Orden y mediciones de control. Aunque están limitados por el alcance de las mediciones electrónicas que se expresan en el rango de 1.8 a 110m, la presencia de procesos automáticos los hace más afectivos. La posibilidad de ajustar tolerancias con las que se comprueban las mediciones, proporciona mayor seguridad en los resultados unido a la presencia en su composición de compensador con amortiguación magnética, así como la determinación y aplicación de correcciones a las mediciones por ejemplo; la corrección por error de colimación. Su precisión esta definida por el Error Medio Cuadrático en un km de nivelación, que en algunos alcanza los valores de 0.9 mm con miras de invar.

El análisis de esta cuestión se ha hecho eco de la voz de diferentes especialistas sobre la base de la necesidad de modificar los parámetros que organizan a la nivelación en sus diferentes órdenes. El mismo comienza con el surgimiento y utilización de los niveles con compensador y mucho más evidente con el surgimiento de los niveles digitales con miras con códigos de barras, reafirmando y consolidando que el cambio es evidente. Así, el saber que atenúan algunos de los errores que influyen en la nivelación, suscita un vuelco en la visión de los trabajos de nivelación, que comienza desde su preparación hasta la elaboración matemática de las mediciones (Yactabany, 2003).

Surgen diferentes criterios en cuanto a los parámetros que regir las nivelaciones, de acuerdo a lo planteado en las Instrucciones Técnicas implementadas en cada región, a partir de sus condiciones específicas. Los parámetros son diferentes y dependen de las Instrucciones asumidas.

Se admite que el fundamento de sus Instrucciones Técnicas actuales data de los años 1950, tratadas sobre la base de la utilización de niveles tradicionales. Con el surgimiento de los niveles con compensador habían cambiado el carácter de los errores

y por consiguiente se debía de haber cambiado los parámetros establecidos en ellas. Esto se evidencia mucho más con la aparición de los niveles digitales, aunque en la actualidad sean utilizados los niveles tradicionales (Yactabany, 2003).

En sus estudios realizados en el 2003 se proponen una metodología con la utilización de niveles digitales para los diferentes órdenes de nivelación. A partir del conocimiento y análisis de los resultados derivados del uso de esta tecnología fundamentan una variante para el desarrollo de los trabajos de nivelación, centrado solamente en la metodología de observación y dando algunas consideraciones de los parámetros que rigen estos trabajos, donde el Error Medio Cuadrático para 1 km de nivelación de ida y vuelta es de 0.2 -0.5 mm, que corresponde a la Nivelación de I Orden.

Se plantea que para lograr el control según las Instrucciones Técnicas actuales se miden varias veces las lecturas de las miras, desniveles entre puntos y secciones de nivelación, estos resultados se obtienen de forma independientes. Las Instrucciones actuales no permiten que con el aumento de la precisión del desnivel en la estación se deje de enfocar 2 veces las escalas principales y complementarias, incluso con la repetición de la colocación de la burbuja del compensador del nivel.

Con la utilización de niveles digitales y miras con códigos de barra el desnivel en la estación se mide varias veces sobre el mismo rango de medición, lo cual no está estipulado y definido según las Instrucciones Técnicas actuales, porque las mediciones que se obtienen tienen la misma validez, al observar los mismos rangos del micrómetro óptico. Sin embargo no se comporta así, conociendo que las observaciones no contienen los errores subjetivos que dependen de la visión del observador, por lo cual se descarta la forma de varias lecturas en un solo horizonte del instrumento. En los niveles con compensador el cambio del ángulo i es mas lento que con los niveles tradicionales. El enfoque en los niveles digitales no influye en la precisión de las mediciones con el nivel (Yactabany, 2003).

Los fabricantes facilitan en los datos de técnicos o información primaria de los diferentes equipamientos. El Error Medio Cuadrático (EMC) para 1 km de nivelación, es uno de los elementos que difunden del equipamiento, el cual lo caracteriza a la hora de ser utilizado en los diferentes órdenes de nivelación (Tabla 1.1).

Tabla 1.1 Error Medio Cuadrático para 1 km de nivelación de niveles de la serie DNA.

No.	Denominación del Nivel	Marca	EMC para 1km de nivelación	Observaciones
1	DNA 03	Leica	0.3 mm	miras de invar
			1.0 mm	miras estandar
			2.0 mm	medición óptica
2	DNA 10	Leica	0.9 mm	miras de invar
			1.5 mm	miras estandar
			2.0 mm	medición óptica

Las tolerancias, errores de cierres o incertidumbre es el parámetro que cuantifica la precisión de la nivelación. En el método de nivelación geométrica utilizado para el desarrollo de los trabajos de alta precisión, se expresa a través del denominado error kilométrico (e_k). Este es función de las características del nivel utilizado y de la separación existente entre el aparato y la mira. (Farjas, 2005).

Los trabajos desarrollados en la materia asumen diferentes valores de este parámetro, determinado a partir de sus consideraciones en cuanto a influencia y forma de análisis de los errores en las mediciones (Tabla 1.2).

Tabla 1.2 Error permisible establecidos para las nivelaciones.

No.	Instrucciones Técnicas	Error permisible	Observaciones
2	Instrucciones Técnicas rusas	$T = 3mm\sqrt{K}$	I Orden
		$T = 5mm\sqrt{K}$	II Orden
		$T = 10mm\sqrt{K}$	III Orden
		$T = 20mm\sqrt{K}$	IV Orden
1	Otras Instrucciones Técnicas	$T = 1,5mm\sqrt{K}$	Nivelación de alta precisión
		$T = 3mm\sqrt{K}$	Nivelación de precisión media

Tanto los parámetros a tener en cuenta como el programa de observación de la nivelación tienen elementos que varían según donde se aplique. En algunos casos se plantea dentro del programa de observación mantener los itinerarios de ida y regreso o dos líneas de nivelación de forma que se pueda ver o comprobar durante los trabajos los valores de los desniveles.

Se plantea mantener la equidistancia entre las puestas de instrumento, utilizando como método más recomendable el del punto medio, ya que elimina todos los errores sistemáticos del nivel, los de esfericidad y refracción, e incluso los de defectuosa corrección (Domínguez, 2002). Algunos de los niveles digitales incluyen dentro de su programa de observación las correcciones por esfericidad y refracción. Esto precisa estudiar en que rango se puede variar dicho elemento, aún conociendo que los niveles digitales para las nivelaciones de precisión presentan un campo reducido a 1.1° aproximadamente, traducido a valores de unos 38 cm a 20 m de distancia.

➤ **Métodos de observación de los niveles digitales.**

Los niveles digitales realizan lecturas sobre miras con código de barra de invar o plegables. El código de barras de la mira está memorizado como señal de referencia en el instrumento. Al disparar la medición, el detector de mira considera como señal de medición el segmento de mira abarcado por el campo visual del instrumento. A continuación la señal de medición se compara con la señal de referencia. El resultado de la medición es la lectura de altura y la distancia horizontal. Lo mismo que en la medición óptica, la mira ha de estar colocada perfectamente vertical en el momento de hacer la medición. Si la mira se ilumina artificialmente también es posible medir en la oscuridad (La sensibilidad del sensor abarca desde las frecuencias más altas de luz visible hasta la frecuencia de luz infrarroja).

Los niveles digitales tienen programados en sus configuraciones internas algunas comprobaciones y ajustes a realizar. Los análisis realizados por estos pueden o no aplicárseles directamente a las mediciones. Están definidas sobre la base de los errores que pueden influir en las nivelaciones, dentro de los cuales están:

Error de colimación: El error de colimación (α) es el ángulo vertical entre la línea de puntería real y la horizontal. Se determina con la prueba del nivel.

Error de curvatura: Ángulo vertical expresado por la línea rectilínea de la visual a la mira y la superficie de nivel de la visual curvilínea del instrumento dirigida a la mira.

Error por inclinación del eje vertical: Una vez calado el nivel esférico, el instrumento está aproximadamente horizontal. Queda una pequeña inclinación residual, llamada inclinación del eje vertical.

Los niveles digitales dentro de sus programas internos aplican correcciones a las mediciones y presentan componentes que compensan algunos de los errores presentes en la nivelación, que pueden ser: corrección por curvatura, por refracción o corrección del ángulo i . Estos elementos son aplicables durante las mediciones a cada desnivel medido. Incluyen el compensador de péndulo de amortiguación magnética, con control electrónico del rango de inclinación. En el instrumento, compensa la inclinación del eje vertical en la dirección de la puntería, de modo que la línea de puntería sea exactamente horizontal. Aplican procedimientos de observación alternados (aEFFE = EFFE FEEF), para eliminar el error residual de la compensación automática. El programa de medición de los niveles digitales soporta los métodos EF, aEF, EFFE, aEFFE (Tabla 1.3).

Tabla 1.3. Programas de observación.

Método	Estación impar	Estación par
EF	EF	EF
aEF	EF	FE
EFFE	EFFE	EFFE
aEFFE	EFFE	FEEF

Donde:

E – mira de espalda.

F – mira de frente.

a – método alternado.

Los niveles digitales también presentan sus características, que nos permitirán seleccionarlos según el orden de la nivelación a realizar, para obtener los valores deseados según los permisibles establecidos en las Instrucciones Técnicas de Nivelación vigentes (Tablas 1.4 y 1.5).

Tabla 1.4. Características de los niveles digitales de la serie DNA.

Niveles Digitales.	DNA10	DNA03
Aumento	24 x	24 x
Medición angular	400°	400°
Precisión estándar por km de nivelación doble	0.9 mm con mira de invar 1.5 mm con mira estándar	0.3mm con mira de invar 1.0 mm con mira estándar

Tabla 1.5. Características de los niveles digitales de la serie SPRINTER.

Niveles Digitales.	SPRINTER			
	100	100M	200	200M
Aumento	24 x	24 x	24 x	24 x
Medición angular	360°	360°	360°	360°
Precisión estándar por km de nivelación doble	2.0 mm con la mira de aluminio Leica	2.0 mm con la mira de aluminio Leica	1.5 mm con la mira de aluminio Leica	1.5 mm con la mira de aluminio Leica

➤ **Corrección por esfericidad y refracción.**

Esfericidad: Supuestas esféricas las superficies de nivel y un instrumento estacionado en un punto, desde el que se visa otro punto, teniendo en cuenta que las medidas topográficas se realizan en un plano tangente a la superficie terrestre en un punto en el que está estacionado el instrumento. El desnivel que se obtiene no corresponde al real. Si despreciamos el ángulo en el centro de la Tierra (las distancias en Topografía son cortas comparadas con la longitud del radio terrestre), podríamos considerar que el desnivel perpendicular a la tangente es igual al definido sobre el radio de la Tierra; y por tanto el error de esfericidad estaría representado por el segmento definido entre la superficie esférica del primer punto y la tangente definido sobre el radio de la Tierra (Farjas, 2004). Tras un análisis matemático de estos elementos, se obtiene el siguiente valor:

$$C_e = + \frac{D^2}{2R} \quad (1.1)$$

Esta corrección siempre será positiva, tal como se desprende del gráfico.

Refracción: El rayo que proviene de un punto visado no sigue una trayectoria rectilínea, sino que va sufriendo sucesivas refracciones al ir atravesando una atmósfera

de densidad variable. Las distancias medidas corresponden a la tangente al rayo de luz en el centro óptico del instrumento, el ángulo formado por esta visual y la superficie esférica es el denominado error por refracción, que con el signo negativo, toma el valor de:

$$C_r = -K \frac{D^2}{R} \text{ (para } 2K = \frac{R}{R'}) \quad (1.2)$$

Esta expresión corresponde al coeficiente de refracción K, de valor igual a la mitad de la relación existente entre el radio de la Tierra y el radio de curvatura de la trayectoria del rayo de luz que proviene del punto visado.

Cada vez es más frecuente que el coeficiente K de refracción se calcule para las condiciones y el lugar de trabajo específico, no utilizándose la generalización de valores rígidos. El método para la determinación del coeficiente consiste en la realización de visuales recíprocas y simultáneas entre dos puntos extremos de la zona de trabajo (Farjas, 2004).

La corrección por refracción se considera, en la deducción realizada, como negativa. Esto supone que el rayo de luz sigue una trayectoria cóncava hacia el suelo (en condiciones normales la densidad de la atmósfera decrece a medida que nos elevamos). Cuando este sea el caso a considerar, y si el coeficiente K se determina experimentalmente, él será quien nos introduzca el camino de influencia producido del cambio de la concavidad, apareciendo con signo negativo.

Ambas correcciones se deben de aplicar conjuntas, conociendo que una atenúa a la otra. Aplicando las formulas 1.2 y 1.3, se obtiene:

$$C_e - C_r = + \frac{D^2}{2R} - K \frac{D^2}{R}. \quad (1.3)$$

Realizando las operaciones la corrección conjunta vendría dada por:

$$C_e - C_r = (0,5 - K) \cdot \frac{D^2}{R} \quad (1.4)$$

➤ **Determinación de la incertidumbre.**

La incertidumbre es el parámetro que cuantifica la precisión. En el método de nivelación geométrica, se expresa a través del denominado error kilométrico (e_k). Este estimador nos indica la incertidumbre existente en un kilómetro que se nivelara con este método (Farjas, 2004).

Sea L la longitud de la nivelada, es decir, la distancia existente entre el punto de estación y la mira. La incertidumbre en la horizontalidad de la visual vendría dada por:

$$e = \sqrt{e_p^2 + e_h^2} \quad (1.5)$$

Siendo C_{pr} el compensador automático, A los aumentos, el error de horizontalidad y de puntería se obtiene, utilizando las expresiones siguientes:

- Error de horizontalidad (e_h) en nivel automático electrónico:

$$e_h = C_{pr} \quad (1.6)$$

Error de puntería (e_p):

$$e_p = \frac{C_n}{A} K \quad (1.7)$$

La incertidumbre en una nivelada será el arco que corresponde al ángulo “ e ”, en un radio L , es decir:

$$e_n = e \cdot L \quad (1.8)$$

Y sustituyendo:

$$e_n = \frac{\sqrt{e_p^2 + e_h^2}}{636620^{cc}} L \quad (1.9)$$

La incertidumbre en un kilómetro será igual a la suma cuadrática de este término “n” veces, siendo n el número de niveladas que realizamos en este trayecto:

$$e_k = \frac{\sqrt{e_p^2 + e_h^2}}{636620^{cc}} \cdot L\sqrt{n} \quad (1.10)$$

Y por lo tanto conocidas las características de un equipo podremos determinar el error kilométrico que se obtendría en una línea de nivelación geométrica.

$$e_k = \frac{\sqrt{e_p^2 + e_h^2}}{636620^{cc}} \cdot L\sqrt{\frac{1000}{L}} \quad (1.11)$$

➤ **Determinación de la longitud máxima de la nivelada.**

A partir del conocimiento de e_k y una vez decidido el instrumental topográfico que vamos a utilizar en la obtención de los datos de campo, utilizando la formula 1.10 podemos calcular la máxima longitud de nivelada (Farjas, 2004). Despejando este término en la expresión del error kilométrico obtendremos:

$$L = \frac{e_k^2 \cdot (636620^{cc})^2}{(e_p^2 + e_h^2) \cdot 1000} \quad (1.12)$$

1.3 Antecedentes y actualidad del tema en nuestro país.

En nuestro país la utilización de niveles digitales se esta haciendo cada vez más evidente. La sustitución de las técnicas convencionales camina aparejado el desarrollo tecnológico que somos capaces de asumir. El tema de los niveles digitales es una preocupación vigente, a partir de los criterios adquiridos en la utilización de los mismos en diferentes trabajos de nivelación, que van desde su rapidez hasta el planteamiento de violaciones de los parámetros de las instrucciones técnicas pero obteniendo resultados satisfactorios. Esto demuestra la necesidad de trabajar en la actualización de las Instrucciones técnicas, teniendo en cuenta que es una tecnología que reduce o atenúa algunos de los errores que influyen en las nivelaciones.

Actualmente se trabaja sobre la base de las Instrucciones Técnicas para la nivelación de I, II, III y IV Orden, traducidas del ruso al español. Los parámetros que la rigen se basan en la utilización de instrumentos convencionales, incluso están determinadas sin tener en cuenta el surgimiento de los niveles con compensador. La poca existencia de trabajos desarrollados sobre la temática, en los cuales se puedan apoyar conclusiones definitivas o establecer parámetros a utilizar, hace más necesario y nos da mayor firmeza para plantear su estudio.

El surgimiento de los niveles digitales y su utilización en nuestro país deben cambiar el sentido de la visión de la nivelación desde su origen más simple hasta su ajuste más riguroso.

Las entidades especializadas en el tema no cuentan hoy día con una metodología capaz de definir como actuar en el empleo de este equipamiento. Estamos sustentándonos en parámetros que de una forma u otra han quedado obsoletos cuando se habla de nivelación con niveles digitales, teniendo en cuenta que se basan en la utilización de niveles convencionales.

Durante la ejecución de los trabajos de nivelación ha sido evidente que la utilización de los niveles digitales, ha permitido infringir los parámetros establecidos en la Instrucciones Técnicas vigentes. Esto depara un análisis y mucho más si se conoce o se considera que varias de las fuentes de errores que influían en el desarrollo de los trabajos de nivelación son atenuadas durante los procesos de medición.

En la actualidad en nuestro país se rige por las Instrucciones Técnicas traducidas del ruso, las cuales se desarrollan sobre la base de la utilización de los niveles convencionales, que en su tiempo dieron respuestas a la precisión exigida en la ejecución de los diferentes órdenes de nivelación. Si tenemos en cuenta que con el surgimiento de los niveles digitales se atenúa la influencia de los errores en las observaciones, nos dirigimos a un camino donde se concreta la necesidad de un estudio profundo. Los cambios de las normativas vigentes, es decir la actualización de los elementos que influyen y los parámetros para el perfeccionamiento de las nivelaciones, es evidente y mucho más necesario si se tiene en cuenta el auge que ha tenido el empleo de estos en nuestro país.

En la literatura actual se evalúan los errores que influyen en las nivelaciones con niveles tradicionales, sin tener en cuenta el surgimiento de los digitales. El punto de partida es la influencia de los errores, que determinan en gran medida como se riga el desarrollo de las redes de nivelación según su orden. Estos definen mediante su análisis el como se debe trabajar para alcanzar las precisiones que exigen los diferentes trabajos. En la nivelación digital, en nuestro marco más reducido no se han caracterizado las redes de nivelación con la utilización de los niveles convencionales.

Los errores también tienen influencia en la definición de los valores de los parámetros técnicos. Estos a su vez junto a los programas de observación forman parte indispensable en los trabajos de nivelación. Queda demostrado que no se ha hecho un análisis riguroso del alcance de los niveles digitales para la modificación de los elementos que rigen a la nivelación.

➤ **Errores accidentales en la nivelación geométrica.**

Los errores accidentales presentes en la Nivelación Geométrica (Belete, 2008) son:

Error de horizontalidad: Es producido por la imperfecta centración de la burbuja debido al límite de la percepción visual. Se considera en función de la sensibilidad del nivel teórico o principal del instrumento.

Error de puntería: Se comete debido a la imperfecta lectura de la mira debido a las limitaciones de la vista del observador y el aumento del anteojo del nivel. Se considera en función del aumento y del tipo de retículo.

Error kilométrico: Es resultado de los errores de horizontalidad y puntería, y se obtiene el denominado error por nivelada. Este error se traduce en determinado error en milímetros al leer la mira a una distancia (l). Este error angular produce en la mira un error lineal (Figura 1.1).

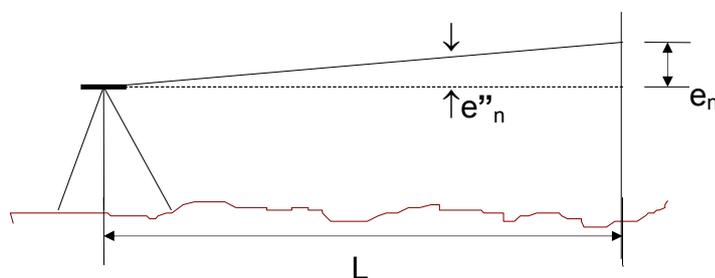


Figura 1.1. Determinación del error kilométrico.

En un kilómetro de nivelación la acumulación del error por nivelada resulta en el denominado error kilométrico.

Error por asentamiento del nivel: Debido al asentamiento que sufre el nivel en el intervalo de tiempo entre la lectura de espalda y la de frente.

Error por asentamiento de la mira: Debido al asentamiento que sufre la mira en los puntos de cambio en el intervalo de tiempo en que el nivel se traslada hacia una nueva posición.

Error por inclinación de la mira: Debido a la imperfecta verticalidad de la mira, produciendo lecturas mayores que las correctas. Para atenuar su influencia se utilizan niveles en las miras y riostras que garanticen su estabilidad en la vertical.

Error debido al sol: La acción del sol sobre el nivel provoca dilataciones, por lo que en todo trabajo de precisión debe protegerse el nivel de la acción directa de los rayos del sol mediante una sombrilla. También produce un calentamiento de la atmósfera (reverberación) que afecta las lecturas cercanas al pie de la mira, por lo anterior se limitan (en las normas) las lecturas mínimas que pueden realizarse.

Error debido al viento: La acción del viento sobre la mira produce inclinaciones e inestabilidad que se reducen mediante las riostras.

➤ Características de las redes de nivelación.

Las Redes de Nivelación son las bases altimétricas para los trabajos de levantamientos topográficos a todas las escalas y de todas las mediciones geodésicas. Las mismas tienen características que particularizan el orden de cada una de ellas (Tablas 1.6 y 1.7).

Tabla 1.6. Clasificación de las redes de nivelación y sus principales características.

Orden de nivelación	Longitud rayo visual	Nº de líneas	EMC por kilómetro η	EMC en estación	EMC en estación de nivelación simple	Error de cierre permisible por puesta de inst.	
	(m)		(mm)	(mm)	(mm)	≤ 15	> 15
I	50	4	0.5	0.15	0.30	$3\sqrt{L}$	$4\sqrt{L}$
II	65	2	0.8	0.30	0.40	$5\sqrt{L}$	$6\sqrt{L}$
III	75	2	1.6	0.65	0.90	$10\sqrt{L}$	$2.6\sqrt{n}$
IV	100	1	6.6	3.0	3.0	$20\sqrt{L}$	$5\sqrt{n}$

Donde:

L - longitud de la línea o sección en km.

n - número de puestas de instrumentos.

Tabla 1.7. Otras características de las redes de nivelación.

Orden de nivelación	Longitud entre puntos	Longitud del Tramo	Sentido de Nivelación	Longitud de Línea	Perímetro del Polígono
	(km)	(km)		(km)	(km)
I	1-5	20-30	Ida y Reg.	100-300	400-1000
II	1-5	20-30	Ida y Reg.	50-150	300-500
III	1-5	20-30	Ida y Reg.	25-50	50-120
IV	1-5	-	Ida	<30	-

Las nivelaciones de alta precisión necesitan para su ejecución dentro de los parámetros establecidos en sus Instrucciones Técnicas, instrumentos que garanticen la fiabilidad y calidad de los resultados. Una buena elección del tipo de instrumento a utilizar según el tipo de nivelación a realizar nos garantiza eficiencia y seguridad en los resultados a obtener. En las metodologías vigentes se exponen los instrumentos tradicionales que pueden utilizarse según el tipo de nivelación, con sus características (Anexo 1).

➤ **Método de observación según Instrucciones Técnicas vigentes.**

Nivelación de I Orden: La nivelación de I Orden se realiza por el método de coincidencia por dos pares de pines, que forman dos líneas separadas nivelación, a la derecha que corresponde a la línea por el pin derecho y a la izquierda que corresponde a la línea del pin izquierdo. La nivelación se realiza en los sentidos directo e inverso. Las observaciones en las puestas de instrumento de la línea (Instrucciones Técnicas para la nivelaciones de I, II, II y IV Orden, 1986). Los recorridos en sentido inverso deben realizarse en la misma ruta y por los mismos pines.

Nivelación de II Orden: La nivelación de II Orden se realiza por el método de coincidencia por un par de pines, en los sentidos directo e inverso. Los recorridos en sentido inverso deben realizarse en la misma ruta y por los mismos pines.

Nivelación de III Orden: La nivelación de III Orden se realiza en los sentidos directos e inversos, con el uso de miras con divisiones de dos escalas a partir del método de coincidencia. Los recorridos en el sentido inverso se ejecutan de la misma forma que el directo.

Nivelación de IV Orden: La nivelación de IV Orden se realiza en un solo sentido (directo), realizando el orden de las lecturas por uno de los hilos extremos y por el medio del lado negro y por el medio del rojo.

Los programas de observación para la realización de los diferentes tipos de nivelaciones se establecen y se norman en las Instrucciones Técnicas para las nivelaciones de I, II, III y IV Orden (Anexo 2).

I.4 Conclusiones parciales.

Una vez realizado el análisis crítico del estado actual de la problemática y la perspectiva del desarrollo de la nivelación digital, se ha llegado a conclusiones que muestran la necesidad, importancia y validez científica de la investigación planteada en la presente tesis.

1. El análisis de la repercusión de los niveles digitales en nuestro país, es pobre en su desarrollo y en proyección por parte de los especialistas en la actividad de Geodesia y Topografía.
2. Las actuales Instrucciones Técnicas no son compatibles con el tipo de equipamiento (niveles digitales), teniendo en cuenta que se fundamentan a partir del uso de los niveles convencionales.
3. La introducción de los niveles digitales en los trabajos de nivelación ameritan un análisis desde su base más simple hasta la elaboración matemática de las mediciones.
4. No se cuentan con parámetros técnicos específicos y programas de observación acordes al surgimiento de los niveles digitales.

CAPÍTULO II

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS Y PROGRAMAS DE OBSERVACIÓN PARA EL ELMPLEO DE NIVELES DIGITALES

II. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS Y PROGRAMAS DE OBSERVACIÓN PARA EL EMPLEO DE NIVELES DIGITALES

II.1 Especificaciones generales.

Las redes de nivelación de nuestro país se desarrollan a todo lo largo de su territorio para dar respuesta a todo tipo de trabajo topogeodésico que se desarrolle, sin mediar límites de precisión para satisfacer todas las necesidades de la economía, la defensa y las investigaciones científicas. Estas se clasifican en cuatro órdenes (I, II, III y IV), existiendo otras clasificaciones para ejecutar trabajos geodésicos donde el peso de las mediciones no se define por las distancias de las líneas sino por la cantidad de puestas de instrumento que se desarrollen. Dentro de estas categorías de nivelación se definen las de I, II y III Categoría, con el objetivo del estudio específico a deformaciones de objetos de obra.

La base fundamental la forman las redes estatales de I y II órdenes, éstas se crean por programas y esquemas especiales teniendo en cuenta el desarrollo futuro para unos cuantos años (20-30 años) y tiene como objetivo fundamental la diseminación de un sistema único de altura por todo el territorio nacional. Estas redes de I y II órdenes se utilizan para resolver las siguientes tareas científicas:

- Estudio de la figura física de la superficie terrestre;
- Estudio de los movimientos verticales recientes de la corteza terrestre;
- Determinación de las diferencias de alturas y cambios en el nivel medio del mar que baña el territorio nacional.

La red de nivelación de III y IV órdenes conjuntamente con la red de I y II órdenes están destinadas a la creación de la base de los levantamientos topográficos a las diferentes escalas, así como a las soluciones de los trabajos de las obras ingenieras, donde también se emplean.

Nivelación: La nivelación es el proceso de medición de elevaciones o altitudes de puntos sobre la superficie de la tierra (Figura 2.1). La elevación o altitud es la distancia vertical medida desde la superficie de referencia hasta el punto considerado. La distancia vertical debe ser medida a lo largo de una línea definida como línea que sigue la dirección de la gravedad o dirección de la plomada (Casanova, 2005).

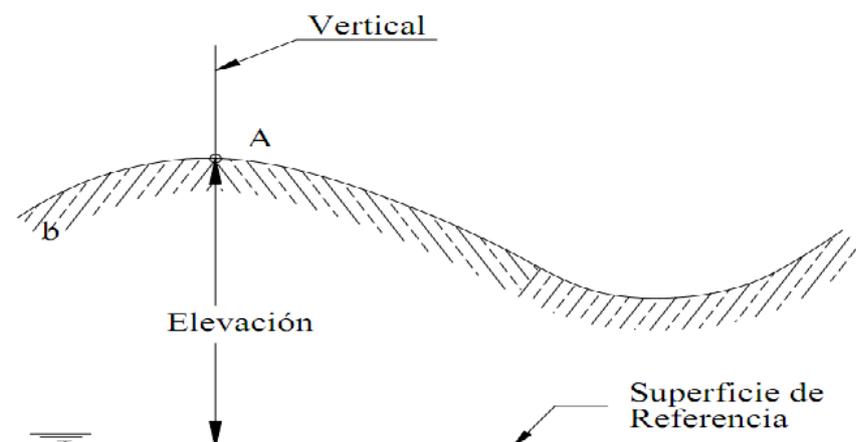


Figura 2.1 Nivelación.

Nivel compensador: Instrumento cuya línea de mira es nivelada automáticamente por medio de un compensador de inclinación.

Rango de acción del compensador: Es el ángulo de inclinación del nivel, en los límites del cual el péndulo del compensador trabaja normalmente.

Compensador de inclinación: Dispositivo que elimina automáticamente la influencia de cualquier error de nivelación de un instrumento de medición en los valores medidos. Este sustituye al nivel de telescopio. La inclinación es un término común para errores de nivelación. También se denomina compensador basculante.

Nivelación geométrica: Es el método más preciso de nivelación y el empleado en los trabajos de creación de la Red Geodésica Vertical y múltiples trabajos de ingeniería, aunque resulta el más lento, en especial en zonas de relieve accidentado. Se fundamenta en dirigir visuales horizontales a reglas verticales colocadas en los puntos del terreno. Los instrumentos fundamentales son el nivel y las miras (Belete, 2008).

II.2 Errores presentes en la nivelación con niveles digitales.

En el empleo de los diferentes equipamientos de medición, desde su surgimiento, el topógrafo observó la necesidad de conocer los errores propios de las mediciones. Por conocimiento común sabemos que toda magnitud observada o medida contiene o está influenciada por diferentes errores. Las nuevas tecnologías no están libres de su influencia, a pesar de saber que gran parte de ellos son atenuados durante los procesos de medición. Por tanto se hace necesario conocer cuáles ejercen su mayor

influencia y la magnitud de su valor con el objetivo de mantener las mediciones dentro de los límites de precisión impuestos por la finalidad de los trabajos.

Partiendo de la clasificación de los errores o clase nos preocuparemos por estudiar los sistemáticos, teniendo en cuenta que son los que obedecen a alguna ley matemática o física, por lo cual podemos determinarlos y aplicarle oportunamente la corrección. Así se define que los errores sistemáticos presentes en la nivelación con niveles digitales, según su origen se divide dos grupos:

1. Errores instrumentales;
2. Errores causados por el medio exterior.

II.2.1 Errores instrumentales.

Son los que dependen netamente del equipamiento utilizado. Están asociados a la imperfección o ajuste defectuoso de los instrumentos o dispositivos con que se realizan las mediciones. En el caso de los niveles digitales, muchos de los errores que conocemos no están presentes durante las mediciones o son atenuados durante estas. Estos pueden ser:

1. Error por no paralelismo del eje del nivel cilíndrico y del eje del tubo visual.
2. Error en la lectura por inclinación e incorrecta posición de la mira en el punto.
3. Error por no perpendicularidad del eje esférico de la mira y el eje de la mira.
4. Errores causados por la inclinación del eje vertical.

➤ **Error por no paralelismo del eje del nivel cilíndrico y del eje del tubo visual.**

Al violarse la condición principal del nivel entre el eje del tubo visual y el eje del nivel cilíndrico surge el ángulo i , el cual ocasiona un error en la lectura de la mira. El valor máximo del ángulo i que se permite en la nivelación es de $10''$. La desigualdad de los brazos en la estación de tan solo 50 cm conlleva a un error límite en la lectura de la mira de:

$$m_i = \frac{20''500}{206265} = \pm 0.05mm \quad (2.1)$$

Los niveles digitales no están exentos de la influencia de este y su magnitud se comporta similar en los niveles tradicionales. La posibilidad de atenuar su efecto en las mediciones depende de su construcción, es decir, si lleva implícito en el proceso de

observación la capacidad de calcular y aplicar las correcciones. En el caso del nivel de la serie DNA 03, según el fabricante es evidente la aplicación de este principio en cada puesta de instrumento.

Partiendo de la fórmula 2.1 se determinaron los valores correspondientes a la corrección que aplica el instrumento. Se utilizan como valores máximos permisibles los establecidos en las metodologías e instrucciones técnicas para los trabajos de nivelación (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Evaluación del error por no paralelismo en ángulos “i” igual a 10” y 20”.

No.	Distancia	Ángulo i	Error por no paralelismo	Ángulo i	Error por no paralelismo
	mm	“	mm	“	mm
1	10000	10	0,5	20	1,0
2	20000	10	1,0	20	1,9
3	30000	10	1,5	20	2,9
4	40000	10	1,9	20	3,9
5	50000	10	2,4	20	4,8
6	60000	10	2,9	20	5,8
7	70000	10	3,4	20	6,8
8	80000	10	3,9	20	7,8
9	90000	10	4,4	20	8,7
10	100000	10	4,8	20	9,7

Una diferencia de 10 m entre las puestas de miras en una puesta de instrumento (PI) deriva un error en las mediciones de ± 0.5 mm, según los valores obtenidos en la Tabla 2.1. Para los trabajos de nivelación de I Orden la equidistancia máxima permisible es de 0.5 m en la PI, para ± 0.02 mm para un ángulo de máximo de 10”. Si asumimos que la divergencia es de 5 m, el ángulo “i” permitido es de 10” obtenemos que $m_i = \pm 0.24$ mm. Aplicándole una corrección de ± 0.10 mm de 4”, entonces la resultante de $m_i = \pm 0.14$ mm.

Al contar con un instrumento en buenas condiciones, donde las pruebas de laboratorio establezcan que el ángulo “i” se mantenga en un rango de “i” = 10” y a su vez este aplique una corrección por el valor determinado en la prueba en campo se pueden establecer nuevos valores permisibles en los parámetros técnicos.

En la realidad, el comportamiento de esta corrección está definido por la distancia determinada por el instrumento. Siempre corregirá las magnitudes en cada observación

con el valor que esté grabado en memoria, por lo que se recomienda realizarle la prueba al nivel antes de comenzar cualquier trabajo o después de largos viajes.

➤ **Error en la lectura por inclinación e incorrecta posición de la mira en el punto.**

El cuidado y la correcta ejecución de los trabajos de campo dependen de todo el personal que participe en la comisión. El trabajo de los auxiliares es fundamental, desde la atención de las orientaciones del jefe hasta la correcta colocación de la mira sobre el punto. En este último elemento influye la experiencia, la profesionalidad y seriedad de los ejecutores, en este caso el portamira. Una incorrecta ubicación sobre la base de apoyo, sea cotas, sapos, pines, cabillas o estacas dan como resultado errores en la lectura por la inclinación.

Este error se determina por la siguiente fórmula:

$$m_{incl} = \left(\frac{bv^2}{2\rho^2} + \frac{av}{\rho} \right) \quad (2.2)$$

Donde

b – altura del rayo visual sobre el talón de la mira;

v – valor medio del ángulo de inclinación de la mira, expresado en minutos, en el momento de toma de la lectura;

a – distancia del punto de colocación de la mira en el punto con altura hasta el punto de intersección del eje de la escala con el talón.

En la mayor parte de los trabajos y en especial en los trabajos de precisión se utilizan miras de invar de códigos de barra con niveles esféricos acoplados. Así se reduce la influencia de este elemento en los resultados de la nivelación y aún más con la ayuda de riostras (aditamento para mantener fija la posición de la mira). Si se utilizaran miras sin estos dispositivos con valores de $v=10'$, $b=3000$ mm y $a=40$, se obtendría un error de $m_{incl} = \pm 0,16$ mm. Pero al tener todos estos componentes auxiliares el ángulo de inclinación de la mira v no supera los $12'$. Esta inclinación ocasiona un error límite en la lectura en los extremos de una mira de tres metros igual a $m_{incl} = \pm 0,02$ mm.

➤ **Error por no perpendicularidad del eje esférico de la mira y el eje de la mira.**

Las miras que se utilizan, generalmente con este tipo de tecnología llevan acoplado niveles esféricos para atenuar el error por la no perpendicularidad del eje vertical de la

mira con la vertical al punto. La imperfección o la ausencia de este aditamento complementario determina el error por no perpendicularidad del eje esférico de la mira y el eje de la mira. El valor límite en magnitud angular al comprobar el nivel esférico con una plomada se expresa por:

$$\varepsilon' = \frac{\rho' \Delta_0}{l} = \frac{3438'2.5}{2500} = 3.4' \quad (2.3)$$

Donde:

Δ_0 – error de coincidencia de la plomada con la abertura del medio plegable.

l – longitud de la plomada.

El error límite lineal en la lectura por la mira, debido a la no exactitud de colocación del nivel esférico es igual a:

$$m_y = \left(\frac{b\varepsilon^2}{2\rho^2} + \frac{a\varepsilon}{\rho} \right) = \pm 0.03 \text{ mm} \quad (2.4)$$

Donde:

α – valor medio del ángulo de inclinación de la mira, expresado en minutos, en el momento de toma de la lectura;

➤ **Error causado por la inclinación del eje vertical del instrumento.**

La no coincidencia del eje vertical (1) y la línea de la plomada (2) determinan un error que se refleja como un ángulo entre la línea de puntería (3) y la horizontal (4) (Figura 2.2). Al calar el nivel esférico, se supone en el instrumento la coincidencia entre los elementos 3 y 4 es aproximadamente exacta. La pequeña inclinación residual que se obtiene se llamada inclinación del eje vertical.

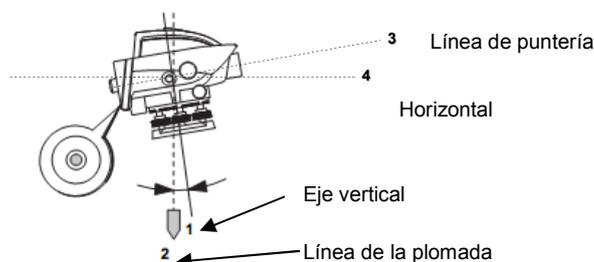


Figura 2.2. Error por inclinación del eje vertical.

El error límite angular es de:

$$\Psi' = \frac{D_h}{\rho D_p} = \frac{L_p}{\rho E_v} \quad (2.5)$$

Donde:

D_h – distancia entre el instrumento y la mira en la horizontal.

D_p – distancia entre el instrumento y la mira en la línea de puntería.

L_p – altura del instrumento en la línea de la plomada.

E_v – altura del instrumento en el eje vertical.

Entonces para $L_p = 30 \text{ m}$ y $D_p = 1.56 \text{ m}$:

$$\Psi' = \frac{L_p}{D_p} = \frac{30\text{m}}{1.56\text{m} * 3438''} = 0.01'' \quad (2.6)$$

El error lineal es de:

$$m_v = \frac{\Psi' * D_p}{206.265} = \frac{1.56\text{m} * 0.01''}{3438''} = 0.01\text{mm} \quad (2.7)$$

Los niveles digitales cuentan con un compensador de péndulo de amortiguación magnética, con control electrónico del rango de inclinación. El rango o margen de inclinación es de aproximadamente de $\pm 10'$, manteniendo una precisión en la estabilización de hasta $0.8''$ (desviación típica).

El compensador del instrumento compensa la inclinación del eje vertical en la dirección de la puntería, de modo que la línea de puntería sea exactamente horizontal (Figura 2.3).

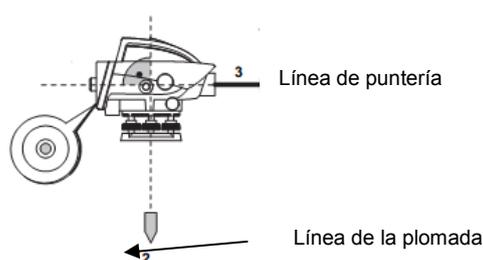


Figura 2.3. Acción del compensador del instrumento.

II.2.2 Errores causados por el medio exterior.

Al par de los errores propios del instrumento existen otros que tienen una gran influencia en el desarrollo y resultados de los trabajos de nivelación. Son los errores causados por el medio exterior debido a la variación de las condiciones naturales o la acción de estas, como la temperatura, la humedad, el viento, la gravedad, la refracción y la declinación magnética. En las nivelaciones con niveles digitales los que definen su mayor influencia en los resultados de las observaciones son:

1. Error debido a las deformaciones del instrumento al variar la temperatura.
2. Error por refracción y curvatura terrestre.
3. Error causado por corriente de convección del aire.

Existen otros errores que por su origen pueden imposibilitar la ejecución de las mediciones de los desniveles en la estación. Estos pueden ser:

1. Ausencia de visibilidad sobre las miras.
2. Influencia de la vibración sobre base donde se coloca el nivel producto del trabajo de las máquinas y el movimiento del transporte.
3. Imposibilidad de recargar las baterías.
4. Presencia de oscuridad sobre la mira (es necesario que la iluminación sea bien distribuida).
5. Mucha iluminación de la mira o con intermitencias.
6. Suciedad en la cara con código de barras.

Disminuir o eliminar los cuatro primeros factores en el trabajo con los niveles digitales es muy difícil y a veces prácticamente imposible, como por ejemplo, la carga de las baterías. Teniendo en cuenta estas dificultades es a veces conveniente tener niveles

digitales con micrómetros ópticos o con dispositivos similares que posibilite utilizar en la nivelación el método de coincidencia por las miras de divisiones invar.

➤ **Error debido a las deformaciones del instrumento al variar la temperatura.**

La incidencia de los rayos solares sobre el anteojo o en uno de sus extremos produce una especie de alabeo que influye en las lecturas. Este error tiene grandes trascendencias cuando tratamos con nivelaciones de precisión. Es considerado accidental, pero bajo ciertas circunstancias puede convertirse en sistemático. Cuando se comporta como tal, esta deformación por la temperatura del nivel provoca una variación en el ángulo i , lo que trae consigo variación de la observación.

En investigaciones realizadas para el caso se ha determinado que el cambio de 1°C conlleva a un valor del ángulo i en $\Delta i''=0,5''$. Su influencia en este elemento y por consiguiente en los resultados de las nivelaciones es mayor por las tardes que por la mañana. Así se define que con el aumento de la temperatura la lectura disminuye y al bajar aumenta.

Una forma de atenuarlo es resguardando el instrumento de los rayos solares. Por esto se recomienda realizar las mediciones en los horarios hasta las 10 am y después de las 3 de la tarde. También disminuyendo el tiempo de observación en la estación y con una simetría en las observaciones en el tiempo.

➤ **Error por refracción y curvatura terrestre.**

Los efectos en las observaciones de los errores por refracción y curvatura terrestre están presentes en cualquier instrumento que utilice rayos o visuales para realizar sus mediciones. Los niveles digitales no se encuentran exentos de estos, aunque los valores de distancias entre instrumentos y miras no son grandes. La magnitud de su efecto aumenta con respecto a la distancia de medición. Esto expresa que en los trabajos de nivelación hay que tener en cuenta estos efectos, siempre y cuando las visuales de espalda y de frente no sean iguales.

Para evaluar la magnitud de sus efectos en el proceso de medición de los niveles digitales primeramente analizaremos los errores independientes.

Refracción.

La refracción atmosférica varía en razón directa del cuadrado de la distancia, pero en condiciones normales equivale a una séptima parte del error originado por el efecto de

curvatura, siendo de signo contrario a este. Su magnitud cambia con mucha frecuencia y considerablemente en pequeñas distancias, aumentado de modo notable su efecto cuando la visual pasa muy cerca del suelo. Este se determina por la fórmula 1.2. Para disminuir este error se recomienda:

- Las observaciones se deben realizar según el programa expuesto cuando se expusieron las características de las categorías de nivelación.
- Evitar la nivelación en las laderas y taludes.
- Considerar como mejor momento de observación en los periodos de 6 a 9.30 de la mañana y de 4 a 7 de la tarde.

En el caso de los niveles digitales donde la distancia de observación mira instrumento es de 110 m, según la fórmula 1.2 tenemos que:

$$C_r = -0.16 \frac{110^2}{637800} \quad (2.8)$$

$$C_r = -0.3mm \quad (2.9)$$

El valor de K fue tomado 0.16, valor determinado en para Cuba. Teniendo en cuenta las nuevas condiciones medioambientales de calentamiento de la superficie de la Tierra y los cambios de las temperaturas amerita recalcular este valor, aunque los cambios no serán significativos. Solo si él aumenta en un valor de 0.03 centésimas, cambiando para distancias de 100 m en 0.1 mm.

Se plantea que para atenuar la acción de este efecto se debe de mantener la equidistancia entre el instrumento y la mira. Ahora, en función de las variaciones en la equidistancia se realiza la una valoración de las posibles magnitudes que se obtendría (Tabla 2.2), partiendo de la distancia anteriormente escogida (110 m). Se determina por la fórmula 1.2, entonces:

$$C_r = K \frac{D_1^2}{R} - K \frac{D_2^2}{R} \quad (2.10)$$

$$C_r = K \frac{D_1^2 - D_2^2}{R} \quad (2.11)$$

Tabla 2.2 Evaluación del error por refracción.

No.	Distancia		Diferencia	Error por refracción
	D ₁ mm	D ₂ mm	D ₁ - D ₂ mm	mm
1	110000	110000	0	0
2		100000	10000	0,1
3		90000	20000	0,1
4		80000	30000	0,1
5		70000	40000	0,2
6		60000	50000	0,2
7		50000	60000	0,2
8		40000	70000	0,3
9		30000	80000	0,3
10		20000	90000	0,3

Como se expresa en la tabla con diferencias de 10 m en la equidistancia, el error por este concepto es de 0.1 mm, para distancias de 110 m. Es decir que a partir de diferencias de 5 m, que es lo que se establece como valor máximo para la nivelación de IV Orden, el error está en el orden del milímetro.

Curvatura terrestre.

Al igual que la refracción, depende la distancia entre el instrumento y la mira, pero esta se comporta con signo contrario por lo que una atenúa parte de la otra. En los trabajos de nivelación solo se debe tener en cuenta cuando las visuales de espalda y de frente no son iguales. En los trabajos de poca precisión no es imprescindible realizar las correcciones por este caso, teniendo en cuenta que su origen es accidental. Si las diferencias entre las distancias son más largas, el error que se produce es apreciable, no basta con igualar las sumatorias de las visuales en una línea o sección, sino procurando mantener la igualdad entre la visual de espalda y la de frente.

Ahora, en los niveles digitales utilizados para trabajos de gran precisión como los de la serie DNA 03, tienen implícito dentro de las correcciones a las observaciones aplicar la corrección por curvatura, por lo que solo determinaría el error por refracción.

En el caso del DNA-03, para el cálculo de utiliza la siguiente fórmula:

$$E = \frac{x^2}{2R} \quad (2.12)$$

Donde:

x = distancia medida

R = 6 378 000 m (radio de la Tierra)

Según los términos que se expresan las fórmulas 1.1 y 2.10 surge del mismo origen o análisis. Si tenemos en cuenta que la distancia máxima de medición es de 110m, en función de esta se obtendría el siguiente valor, según la fórmula 1.1:

$$C_e = \frac{(110m)^2}{2 * 6378000m} \quad (2.13)$$

$$C_e = 0.000948.m = 0.9mm \quad (2.14)$$

Si las equidistancias entre mira e instrumento varían, la influencia de este error es mayor. Para analizar su magnitud en los niveles digitales partiremos de la distancia máxima de observación antes expresada. Se determina por la fórmula 1.1, entonces:

$$C_e = \frac{D_1^2}{2R} - \frac{D_2^2}{2R} \quad (2.15)$$

$$C_e = \frac{D_1^2 - D_2^2}{2R} \quad (2.16)$$

Tabla 2.3 Evaluación del error por curvatura terrestre.

No.	Distancia		Diferencia	Error por curvatura terrestre
	D ₁	D ₂	D ₁ – D ₂	mm
	mm	mm	mm	
1	110000	110000	0	0,0
2		100000	10000	0,2
3		90000	20000	0,3
4		80000	30000	0,4
5		70000	40000	0,6
6		60000	50000	0,7
7		50000	60000	0,8
8		40000	70000	0,8
9		30000	80000	0,9
10		20000	90000	0,9

Con diferencias en la equidistancia de 10 m el error que se produce por este efecto es de 0.2 mm (Tabla 2.3).

Los errores por refracción y curvatura siempre se comportarán con signos contrarios, una negativa y otra positiva, respectivamente. Por lo tanto una atenúa a la otra, lo que ha determinado que ambos se evalúen juntos (Tabla 2.4). Según la fórmula 1.4 y la distancia máxima de los niveles digitales tenemos que:

$$C_e - C_r = (0,5 - 0.16) \cdot \frac{(110m)^2}{6378000.m} \tag{2.17}$$

Sustituyendo $C_e - C_r$ por C_{er} para simplificar la expresión, tenemos:

$$C_{er} = 0.000645.m = 0.6mm \tag{2.18}$$

Analizándolos conjuntos en función de la equidistancia tenemos que:

$$C_{er} = (0.5 - K) \frac{D_1^2}{R} - (0.5 - K) \frac{D_2^2}{R} \tag{2.19}$$

$$C_{er} = (0.5 - K) \frac{D_1^2 - D_2^2}{R} \quad (2.20)$$

Tabla 2.4 Evaluación de los errores por curvatura y refracción.

No.	Distancia		Diferencia	Error conjunto por curvatura y refracción
	D ₁ mm	D ₂ mm	D ₁ - D ₂ mm	mm
1	110000	110000	0	0,0
2		100000	10000	0,1
3		90000	20000	0,2
4		80000	30000	0,3
5		70000	40000	0,4
6		60000	50000	0,5
7		50000	60000	0,5
8		40000	70000	0,6
9		30000	80000	0,6
10		20000	90000	0,6

➤ **Error causado por corriente de convención del aire.**

La transmisión de calor del suelo, calentado por el Sol, hacia el aire ocurre esencialmente mediante el intercambio de calor por turbulencia, desprendiéndose de la superficie de la tierra numerosas corrientes de aire caliente. Estas corrientes se elevan y se mezclan formando remolinos en miniatura. La intensidad del intercambio de calor por turbulencia depende de la fuerza del viento, de la altura del Sol, de la nubosidad, de las características del suelo, del relieve y otros factores. De noche se observa más o menos una distribución por capas de las corrientes en la superficie de la tierra.

Para disminuir la influencia de este error causado por las corrientes de convención se recomienda:

- No realizar las observaciones de nivelación en los periodos cercanos a la salida y cuando se oculta el Sol o cuando hay fuerte viento.
- Elegir las estaciones de observación de forma tal que el rayo visual se aparte de las corrientes de aire caliente o frío, de vapores producidos por calderas, equipos en funcionamiento, etc.

II.3 Cálculo resumen de la precisión de la medición.

El valor resultante de la influencia de los diferentes errores determina la precisión de las mediciones, definido como error de observación. Para los niveles digitales, caso específico DNA03, para evaluar la magnitud de este error solo tendremos en cuenta los que influyen en su proceso de medición, teniendo en cuenta que el aplica correcciones por:

1. Colimación en función de las distancias medidas y el ángulo i determinado en la prueba de ajuste al nivel.
2. Curvatura terrestre.

El error medio cuadrático de observación de la mira, con una longitud de la mira al instrumento de 110 m, en base a los errores que lo componen se puede expresar por:

$$m_{obs}^2 = m_i^2 + m_v^2 + (m_{incl}^2 + m_y^2) + c_{er}^2 = 0.18mm \quad (2.21)$$

El error medio cuadrático de determinación del desnivel al nivelar con un horizonte observando es igual a:

$$m_h = m_{obs} = 0.18mm \quad (2.22)$$

Por lo que el error límite de determinación del desnivel en la estación al nivelar con un sólo horizonte es igual a:

$$m_h = \pm 0.34 \text{ mm}$$

Este valor a los efectos prácticos es similar al tomado como límite para calcular el error de cierre permisible en la medición de asentamientos de primera categoría ($m_h = \pm 0.3mm$). En precisión y rigurosidad se asemeja a la nivelación de I Orden. Teniendo en cuenta esto se define que para 1 km de nivelación este sería igual aproximadamente a 3mm, que es el valor que se utiliza en la fórmula para evaluar los resultados obtenidos.

No obstante, para comparar y avalar este resultado se evalúa (e_k) en el cual convergen todos estos errores y es el elemento que define el límite de la precisión de la nivelación. Está en función del error al estacionar el instrumento (burbuja no esté perfectamente calada) y la evaluación imperfecta de los milímetros en la lectura. Este se determina por la fórmula 1.10, obteniéndose para los diferentes casos el valor a asumir en función de las características del nivel a utilizar.

En el error de puntería para los niveles tradicionales es determinante la sensibilidad del nivel y el aumento del antejo. En los niveles digitales se define según el mismo principio y depende de estos dos elementos con la influencia de la constante de puntería ($k=1,5$). En el caso particular del nivel DNA 03, se expresa como:

$$e_p = \frac{8''}{24x} * 1,5 = 0,5'' \quad (2.23)$$

El error de horizontalidad para nuestro caso está en función del compensador de péndulo de amortiguación magnética, expresando que:

$$e_b = e_h = C_{pr} = 10'' \quad (2.24)$$

El e_k está en función del error resultante de la raíz de la suma del cuadrado de ambos errores, en función de la distancia de nivelada y el promedio de puestas de instrumentos en un kilómetro de nivelación. Calculando sus valores para diferentes tipos de equipamientos en función de la distancia de análisis, tenemos menor influencia de este error en los niveles digitales que en los tradicionales (Tabla 2.5). Los valores fueron determinados asumiendo las fórmulas para la determinación de (e_k) para los instrumentos ópticos convencionales.

Tabla 2.5 Cálculo del (ek) para instrumentos de nivelación.

Instrumento	Sensibilidad del nivel (S)	Aumento del anteojo (A)	Error de horizontalidad (e_b)	Error de puntería (e_p)	Desviación del eje de colimación (e''_n y e_n)		Cantidad de niveladas promedio en 1km de nivelación	Error kilométrico
Niveles tradicionales								
Wild N-III	10"	44x	3"	0.6"	3.4"	1.8"	9	5
Wild N-II	12"	40x	4"	0.8"	4.1"	2.2"	9	7
NI 020A	30"	25x	10"	2.4"	10.3"	5.5"	9	17
Niveles digitales								
DNA 03	8"	24x	3"	0.7"	2.7"	1.5"	9	4
SPRINTER 100M	10"	24x	3"	0.8"	3.4"	1.8"	9	6

Con los datos obtenidos se puede decir que error de puntería depende solamente de la sensibilidad del nivel. El aumento del anteojo no determina el tipo de nivel a utilizar por su poca influencia en los resultados de la nivelación.

En función de la influencia real de cada elemento y su forma de determinación para estos niveles otros valores (Tabla 2.6).

Tabla 2.6 Determinación de (ek) para niveles digitales.

Instrumento	Sensibilidad del nivel (S)	Aumento del anteojo (A)	Error de horizontalidad (e_b)	Constante de puntería (k)	Error de puntería (e_p)	Desviación del eje de colimación (e''_n y e_n)		Cantidad de niveladas promedio en 1km de nivelación	Error kilométrico
DNA 03	8"	24x	1"	1.5	0.5"	1.1"	0.2	9	1
DNA 10	8"	24x	3"	1.5	0.5"	3.0"	0.5	9	2
SPRINTER 100M	10"	24x	10"	1.5	0.6"	10.0"	1.7	9	5

Teniendo en cuenta estos resultados podemos plantear las tolerancias en el error de cierre permisible de las diferentes nivelaciones con los niveles digitales (Tabla 2.7).

Tabla 2.7. Errores de cierre permisibles para los diferentes tipos de nivelación.

No.	Orden de la nivelación.	Error de cierre permisible. f_h (mm)	
		≤ 15	> 15
1	I Orden	$1,5\sqrt{L}$	$2\sqrt{L}$
2	II Orden	$4\sqrt{L}$	$5\sqrt{L}$
3	III Orden	$7\sqrt{L}$	$2\sqrt{n}$
4	IV Orden	$16\sqrt{L}$	$4\sqrt{n}$

II.4 Clasificación de los instrumentos según el orden de la nivelación.

Los niveles digitales varían en precisión, accesorios y un elemento muy importante que son las correcciones que aplican a las mediciones. Similar en las Inducciones Técnicas vigentes planteamos el alcance de utilización de los niveles digitales en los diferentes órdenes de la nivelación, a partir de estos elementos (Tabla 2.8).

Tabla 2.8 Selección del instrumento según el tipo de nivelación.

No.	Orden	Instrumento recomendado	Características de los instrumentos.
1	I Orden	DNA 03 y DNA 10, SOKIA	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del anteojo de 24x. • Desviación típica por km de doble nivelación de 0.3 a 0.9mm. • Sensibilidad del nivel esférico de 8'/2mm. • Margen de inclinación del compensador $\sim \pm 10'$ • Precisión del establecimiento del compensador es hasta 0.3 a 0.8".
2	II Orden		
3	III Orden	DNA 10 y SPRINTER	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del anteojo de 24x. • Desviación típica por km de doble nivelación de 2mm. • Sensibilidad del nivel esférico de 10'/2mm. • Margen de inclinación del compensador $\sim \pm 10'$ • Precisión del establecimiento del compensador de 0.8".
4	IV Orden	SPRINTER	

Esta conclusión no se debe tomar como patrón fijo teniendo en cuenta que planteándose una metodología de observación y parámetros más rigurosos se pueden utilizar los diferentes niveles. Así se podrán obtener las precisiones exigidas para los diferentes trabajos.

II.5 Parámetros técnicos de la nivelación.

La utilización de elementos que determinen y definan un límite en las observaciones realizadas en las diferentes órdenes de las nivelaciones es parte de los aseguramientos de la magnitud de la precisión a obtener. Para cada clase se precisa establecer parámetros que nos ayuden a atenuar los diferentes errores presentes en las observaciones.

1. Longitud del rayo visual o distancia máxima de nivelada (puesta de instrumento).
2. Altura del rayo visual sobre la superficie de refracción según la distancia hasta la mira m.
3. Desigualdad de las distancias desde el nivel hasta la mira.
4. Diferencias entre los desniveles la línea derecha e izquierda, así como de ida y regreso.

Para el caso de los niveles digitales nos centraremos solamente en algunos de los parámetros y que analizaremos a continuación. Los restantes deben ser los mismos para mantener la rigurosidad en las observaciones hasta tanto puedan ser evaluados. Algunos de ellos se comportan igual que en los niveles convencionales como el 2.

➤ Longitud del rayo visual.

La distancia entre el instrumento y la mira es un elemento definitorio del grado de precisión que se desea alcanzar. La relación que existe entre estos es inversamente proporcional. Es decir que cuando la longitud del rayo visual es mayor existe un aumento de los efectos de los errores en las mediciones.

Este parámetro se determina según de las cualidades técnicas del equipamiento utilizado, en función de (e_p) y (e_b) junto al (e_k) establecido para el caso (Tabla 2.9). Utilizando para el cálculo como patrón las características de un DNA 10 y SPRINTER, esta relación se muestra en la Tabla 2.9 y se establece según:

$$L = \frac{e_k^2 \cdot (206265)^2}{(e_b^2 + e_p^2) * 1000^3} \quad (2.25)$$

Tabla 2.9 Evaluación de la distancia máxima de nivelada según el nivel utilizado.

Orden de la nivelación	Nivel utilizado	Error kilométrico (ek)	Sensibilidad del nivel (S)	Aumento del anteojo (A)	Error de horizontalidad (e _b)	Error de puntería (e _p)	Distancia máxima de nivelada (L)
I Orden	DNA 10	3	8"	24x	3"	0.5"	41 m
II Orden	DNA 10	5	8"	24x	3"	0.5"	115 m
III Orden	SPRINTER	7	10"	24x	10"	0.6"	21 m
IV Orden	SPRINTER	16	10"	24x	10"	0.6"	108 m

Según los resultados obtenidos se establecen nuevos valores permisibles para las distancias máximas (Tabla 2.10). Estos valores están regidos a su vez por la máxima distancia de medición de los niveles digitales.

Tabla 2.10 Longitud máxima del rayo visual.

Orden de la nivelación	Distancia máxima de nivelada (L)
I Orden	60 m
II Orden	80 m
III Orden	100 m
IV Orden	100 m

➤ **Desigualdad de las distancias desde el nivel hasta la mira.**

Este parámetro en las nivelaciones con los niveles tradicionales se define con mayor rigurosidad. Una diferencia fuera de los valores establecidos aumenta la magnitud de la influencia de los errores (ángulo i , refracción, curvatura, etc). Para el caso de las nivelaciones con niveles digitales su comportamiento no es el mismo, sobre la base de las correcciones que aplican a las mediciones. Esto posibilita flexibilizar lo establecido para cada orden.

Partiendo del análisis de los errores en donde influye la equidistancia podemos plantear que pueden tomarse nuevos valores (Tabla 2.11).

Tabla 2.11. Desigualdad de las distancias según orden de la nivelación.

Orden de la nivelación	Desigualdad de las distancias	Acumulación de las desigualdad de las distancias
I Orden	2 m	2 m
II Orden	4 m	4 m
III Orden	6 m	8 m
IV Orden	8 m	10 m

La acumulación de las distancias no elimina los errores de los cuales influye esta desigualdad. Este se expresa como la suma de los errores de cada puesta de instrumento, es decir, el error resultante será aproximadamente la mitad de la sumatoria de los implícitos en el proceso de medición. Por lo tanto, solo establece un margen de trabajo.

Las distancias entre el instrumento y la mira en todos los casos pueden determinarse a pasos. Estas se pueden corregir durante las mediciones en campo.

➤ **Diferencias entre los desniveles la línea derecha e izquierda, así como de ida y regreso.**

En nuestro caso desaparecen en el programa de observación las líneas de derecha o izquierda, estas son sustituidas por 1er horizonte y 2do horizonte. La diferencia entre horizontes en una puesta de instrumento o sentidos directo e inverso se determinan por la distancia máxima de nivelada establecida por la fórmula para el cálculo del error de cierre de la nivelación. Por ejemplo para la nivelación de I Orden tenemos que:

$$D_{d-i} = 2 \sqrt{0.06 \text{ km}} = 0.4 \text{ mm} \quad (2.26)$$

Al terminar la sección se calculan los desniveles de los horizontes, ida y regreso. Para determinar la diferencia (1erhor-2dohor y id-reg) se utiliza la distancia real de la sección. Si el valor real es mayor que el permisible entonces se procede a repetir la sección en un sentido. Luego se procede de la misma forma, si los valores no difieren se toma el promedio de los desniveles de todos los sentidos.

En resumen, la utilización de los niveles digitales establece cambios en los parámetros técnicos para cada tipo de nivelación (Tabla 2.12).

Tabla 2.12. Resumen de los parámetros técnicos para la nivelación.

No.	Parámetros técnicos.	I Orden	II Orden	III Orden	IV Orden	
1	Longitud del rayo visual o distancia máxima de nivelada.	60 m	80 m	100 m	100 m	
2	Altura del rayo visual sobre la superficie de refracción según la distancia hasta la mira m.	0.5 m	0.5 m	0.3 m	0.3 m	
3	Desigualdad de las distancias desde el nivel hasta la mira.	2 m	4 m	8 m	10 m	
4	Acumulación de la Desigualdad de las distancias desde el nivel hasta la mira.	4 m	6 m	10 m	15 m	
5	Diferencias entre los desniveles de la línea derecha e izquierda en una puesta de instrumento.	0.4 mm	0.6 mm	-	-	
6	Diferencias entre los desniveles de la línea derecha e izquierda en la sección, así como de ida y regreso.	$1,5\sqrt{L}$	$3\sqrt{L}$	$6\sqrt{L}$	-	
7	Errores de cierres permisibles por cantidad de puestas de instrumento.	≤ 15	$1,5\sqrt{L}$	$3\sqrt{L}$	$6\sqrt{L}$	$10\sqrt{L}$
		> 15	$2\sqrt{L}$	$4\sqrt{L}$	$8\sqrt{L}$	$15\sqrt{L}$
			$0,4\sqrt{n}$	$0,9\sqrt{n}$	$2\sqrt{n}$	$3,5\sqrt{n}$
8	Nº de líneas.	De 4 a 2	De 3 a 2	2	1	

II.6 Programa de observación.

La propuesta del programa de observaciones tiene su fundamento en mediciones realizadas durante trabajos de nivelación con los niveles digitales existentes y que se introducen al proceso productivo para darle respuesta y soluciones a las necesidades

de los clientes. Además están soportados sobre la base de la evaluación o comportamiento de los errores que influyen en los trabajos.

Se establecen varios programas de observación que dan respuesta a los resultados exigidos. La nivelación se realiza por los programas del nivel EFFE, aEFFE, EF o aEF utilizando miras de código de barras.

Se recomienda no utilizar los niveles digitales en nivelaciones de precisión como instrumentos ópticos teniendo en cuenta que sus cualidades no permiten alcanzar las precisiones exigidas. Por esta razón los programas se establecen solo con el empleo de miras de códigos de barras, que pueden ser de invar o plegables (solo para las nivelaciones de III y IV Orden).

La selección de uno u otro programa de observación no es rígida, teniendo en cuenta que en cualquiera de los casos se obtienen resultados satisfactorios.

➤ **Nivelación de I Orden.**

Programa 1.

La nivelación de I Orden se realiza por el programa aEFFE, en dos horizontes del instrumento. La nivelación se realiza en los sentidos directo e inverso. Los recorridos en sentido inverso deben realizarse en la misma ruta y por los mismos pines. Se llevan dos líneas (derecha e izquierda) o una sola línea.

Programa 2.

La nivelación de I Orden se realiza por el programa EFFE, en dos horizontes del instrumento. La nivelación se realiza en los sentidos directo e inverso. Los recorridos en sentido inverso deben realizarse en la misma ruta y por los mismos pines. Se llevan dos líneas (derecha e izquierda) o una sola línea.

Programa 3.

La nivelación de I Orden se realiza por el programa EFFE. La nivelación se realiza en los sentidos directo e inverso. El sentido directo se realiza en dos horizontes del instrumento y el inverso en uno solo. Los recorridos en sentido inverso deben realizarse en la misma ruta y por los mismos pines. Se llevan dos líneas (derecha e izquierda) o una sola línea en el sentido directo.

Programa 4.

La nivelación de I Orden se realiza por el programa aEFFE. La nivelación se realiza en los sentidos directo e inverso. Los recorridos en sentido inverso deben realizarse en la misma ruta y por los mismos pines. Se lleva una sola línea.

➤ Nivelación de II Orden.**Programa 1**

La nivelación de II Orden se realiza por el programa EFFE, en un horizonte del instrumento por un par de pines. La nivelación se realiza en los sentidos directo e inverso. Los recorridos en sentido inverso deben realizarse en la misma ruta y por los mismos pines. Se lleva una sola línea.

Programa 2

La nivelación de II Orden se realiza por el programa aEFFE, en dos horizontes del instrumento por un par de pines, en sentido directo. Se llevan dos líneas (derecha e izquierda) o una sola línea.

Programa 3

La nivelación de II Orden se realiza por el programa EFFE, en dos horizontes del instrumento por un par de pines, en sentido directo. Se llevan dos líneas (derecha e izquierda) o una sola línea.

➤ Nivelación de III Orden.**Programa 1**

La nivelación de III Orden se realiza en sentido directo por el método EFFE en dos horizontes del instrumento.

Programa 2

La nivelación de III Orden se realiza en los sentidos directos e inversos, con el uso de miras plegables o de invar por el método EF. Los recorridos en el sentido inverso se ejecutan de la misma forma que el directo y por el mismo itinerario.

Programa 3

La nivelación de III Orden se realiza en los sentidos directos e inversos, con el uso de miras plegables o de invar por el método aEF. Los recorridos en el sentido inverso se ejecutan de la misma forma que el directo y por el mismo itinerario.

➤ Nivelación de IV Orden.

Programa 1

La nivelación de IV Orden se realiza en un solo sentidos (directo), por el método EF.

Programa 2

La nivelación de IV Orden se realiza en un solo sentidos (directo), por el método aEF.

En resumen, se establecen nuevos programas de observaciones acordes a los niveles digitales (Tabla 2.13).

Tabla 2.13. Resumen de los programas de observación de la nivelación en la estación.

Orden de la nivelación	Programa	Tipo de Estación	Orden de observación en Ida	Orden de observación en Regreso
I Orden	Programa 1	Par	aEFFE (EFFE –FEEF)	aEFFE (EFFE –FEEF)
	Programa 2	Par	EFFE (EFFE –EFFE)	EFFE (EFFE –EFFE)
	Programa 3	Par	EFFE (EFFE –EFFE)	EFFE
	Programa 4	Par	aEFFE	aEFFE
II Orden	Programa 1	Par	EFFE (EF-FE)	EFFE (EF-FE)
	Programa 2	Par	aEFFE	aEFFE
	Programa 3	Par	EFFE	EFFE
III Orden	Programa 1	Par	EFFE (EF-FE)	
	Programa 2	Par	aEF	aEF
	Programa 3	Par	EF	EF
IV Orden	Programa 1	Par	aEF	
	Programa 2	Par	EF	

II.7 Evaluación de la calidad de la nivelación.

La calidad de la nivelación de I y II órdenes se evalúa de acuerdo a los valores de las diferencias d , según las fórmulas siguientes:

$$d_1 = (h_{der} - h_{izq})_{ida} \quad (2.26)$$

$$d_2 = (h_{der} - h_{izq})_{reg} \quad (2.27)$$

$$d_3 = (h_{ida} - h_{reg})_{der} \quad (2.28)$$

$$d_4 = (h_{ida} - h_{reg})_{izq} \tag{2.29}$$

$$d_5 = (h_{derpromed} - h_{izqpromed}) \tag{2.30}$$

$$d_6 = (h_{idapromed} - h_{regpromed}) \tag{2.31}$$

Se deben utilizar solamente los que se adecuen a los programas de observación establecidos.

El control del correcto cálculo de las diferencias d_5 y d_6 se ejecuta por las formulas:

$$d_5 = \frac{1}{2} (d_1 + d_2) \tag{2.32}$$

$$d_6 = \frac{1}{2} (d_3 + d_4) \tag{2.33}$$

El error permisible utilizado para las diferencias $d_1 - d_6$ se calcula por las fórmulas que se exponen a continuación (Tabla 2.14).

Tabla 2.14. Permisibles para las diferencias $d_1 - d_6$.

Diferencias d	Permisible en mm		
	I Orden	II Orden	III Orden
Para d_1, d_2 y d_5	$\pm 1mm\sqrt{n}$		
Para d_3, d_4 y d_6	$\pm 1.5mm\sqrt{n}$	$\pm 2mm\sqrt{n}$	$\pm 5mm\sqrt{n}$

Donde:

L – Distancia de la sección en km.

El error medio cuadrático casual (η), así como el error sistemático (σ) para la nivelación de I Orden, se calcula empleando las diferencias d_5 y d_6 .

$$\eta_{km}^2 = \frac{1}{4n} \sum \left(\frac{d_i}{r} \right) \tag{2.34}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{4} \sum L \sum \left(\frac{\sum S^2}{L} \right) \quad (2.35)$$

$$m = \eta^2 L + \sigma^2 L \quad (2.36)$$

Donde:

n – número de secciones;

r – longitud de la sección en km;

S – acumulación de las diferencias d5 y d6;

L – longitud de la línea en km;

m – error medio cuadrático total.

Cuando se emplea el error de cierre de los polígonos el error medio cuadrático casual en 1 km de nivelación doble se calcula por la fórmula:

$$\eta_{km} = \frac{\sum \frac{W^2}{P}}{N} \quad (2.37)$$

Donde:

W - Error de cierre del polígono en mm;

P - Perímetro del polígono en km;

N - Número de Polígonos.

II.8 Evaluación de la precisión de las redes de nivelación.

Sobre la base a los resultados de las mediciones de campo, se efectúa la evaluación de la precisión. Así, para la determinación del desnivel en una estación (m_h), sirve la fórmula:

$$m_h = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[d^2]}{n}} \quad (2.38)$$

Donde

m_h - error medio cuadrático de determinación del desnivel en una estación en mm;

d - diferencia de desniveles obtenidos de la doble línea de nivelación (ida y regreso) en mm;

n - cantidad de estaciones en la línea de nivelación.

El error medio cuadrático de determinación del desnivel en la estación se determinará por la fórmula:

$$m'_h = \pm \sqrt{\frac{\left[\frac{f^2}{n} \right]}{k}} \quad (2.39)$$

Donde

m'_h - error medio cuadrático de determinación del desnivel en una estación para el caso de polígonos en mm;

f - error de cierre de cada línea o polígono en mm;

n - cantidad de estaciones en la poligonal en un sólo sentido;

k - cantidad de líneas o polígonos.

El error medio cuadrático por kilómetro de nivelación se calcula por la fórmula:

$$\eta = m'_h \sqrt{\frac{[n]}{[L]}} \quad (2.40)$$

Donde

η - error medio cuadrático por kilómetro de nivelación;

n - cantidad de estaciones en la poligonal en un sólo sentido;

L - longitud de la línea en km.

II.9 Conclusiones parciales.

1. Se evalúan los errores implícitos en los trabajos de nivelación con el empleo de los niveles digitales donde varios de los errores se atenúan antes y durante los procesos de medición.
2. Los niveles digitales garantizan el nivel de precisión exigida para los diferentes tipos de nivelación.

3. Se determinan nuevos parámetros técnicos para los diferentes tipos de nivelación, fundamentados en los errores que influyen en los trabajos con los niveles digitales.
4. Los programas de observaciones establecidos para los diferentes órdenes están acordes a las exigencias técnicas para los trabajos de precisión, respondiendo a los parámetros establecidos.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE NIVELACIONES EN POLÍGONOS Y LÍNEAS SELECCIONADAS

III. DESARROLLO DE NIVELACIONES EN POLÍGONOS Y LÍNEAS SELECCIONADAS

La nivelación de las redes altimétricas desarrolladas en líneas y polígonos se relacionan con la determinación de las alturas de una secuencia de puntos para realizar diferentes investigaciones. Sus determinaciones con el empleo de niveles digitales se fundamentan al igual que los instrumentos tradicionales en dirigir visuales horizontales. Con el empleo de estos instrumentos de medición cambia la magnitud del error límite, resultante de los errores implícitos en los trabajos de nivelación. Esto influye en la magnitud de las exigencias técnicas que se deben asumir, constituyendo una de las tareas científicas planteadas en esta investigación. Para lograrlos se realizan los estudios de trabajos de nivelación de diferentes órdenes desarrollados en puntos con alturas conocidas o por conocer, como: Polígonos geodinámicos en la región niquelífera de Moa y Líneas de nivelación de cotas fijas de la Red Altimétrica Nacional. Además de utilizar como base comparativa los valores de desniveles obtenidos de diferentes ciclos. Estas redes están proyectadas en diferentes lugares de la provincia de Holguín de y responden al interés de la determinación, sistematización y monitoreo de las alturas de los puntos que las conforman.

III.1. Características físico-geológicas de la región niquelífera.

La región niquelífera está ubicada en los municipios de Mayarí y Moa, en la parte más nororiental de la provincia de Holguín. Esta zona se encuentra situada en el anticlinal oriental y se extiende en forma de arco convexo hacia el noreste, desde la Sierra de Nipe, en dirección a Maisí (Figura 3.1).



Figura 3.1. Ubicación geográfica de la Región Niquelífera.

El área de objeto de estudio se localiza entre los $74^{\circ} 45''$ y $75^{\circ} 35''$ de longitud oeste y entre los $20^{\circ} 30''$ y $20^{\circ} 45''$ de latitud norte, abarcando un área aproximada de 400km^2 (Figura 3.2).

Predomina el relieve montañoso en casi todo el territorio con una red fluvial muy desarrollada, distinguiéndose los ríos Moa, Sagua, Mayarí y otros de menor jerarquía. Las cuencas de estos ríos estuvieron cubiertas de tupidos bosques sobre suelos lateríticos en la parte alta pero en la actualidad están muy antropizados debido a la explotación de los recursos mineros, que han despoblado de vegetación gran parte del territorio (Ricardo, 2009).

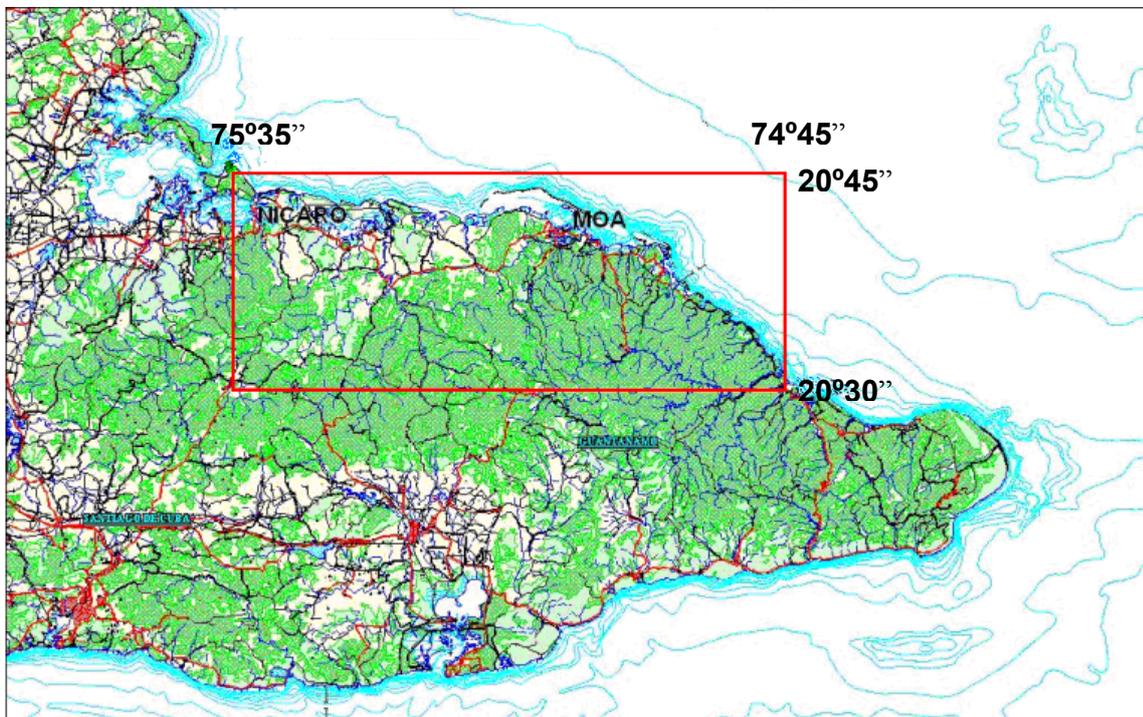


Figura 3.2. Ubicación geográfica del área de estudio.

Como característica fundamental de esta región hay que destacar la intensidad con que actúan los procesos exógenos en la geología del área, encontrándose su máxima representación en los procesos erosivos y en el intemperismo químico de las rocas que da como resultado la formación de las típicas lateritas, lo que se conoce como laterización. Las rocas madres de la región generalmente son gabros y peridotitas. Las condiciones hidrogeológicas se caracterizan por la presencia de las aguas subterráneas, así como la existencia de las aguas temporales en la capa superior (Acosta, 2010).

En la parte baja, el terreno pasa por ondulado a llano, con suelos que varían desde pardos-rojizos sueltos a gris claro, y blanco en las cimas de las colinas, donde se observa claramente el efecto de la erosión fluvial y las consecuencias de la labor agrícola.

El territorio está sometido a la influencia de la corriente del noralisio (componente de la Corriente del Golfo) que, unida a la posición longitudinal de nuestro país hacen que las aguas costeras mantengan una temperatura por encima de los 20°C todo el año; observándose en verano temperaturas promedio de 29°C. El clima es típico de una zona costera con grandes influencias marítimas y orográficas. La temperatura del aire tiene poca variación, con diferencias entre el día y la noche de 3 a 5°C como consecuencia directa del carácter regulador del mar. El valor medio anual es de 25.8°C, con mínimas y máximas promedio de 22.3°C y 29.7°C, respectivamente.

Las lluvias máximas ocurridas en 24 horas alcanzan valores de 177 mm en la zona llana y 260 mm en la montañosa. Los vientos predominantes son del Este € y del Este Nordeste (ENE), con velocidades hasta más de 20 km/h. Sin contar los eventos extremos, pero los frentes fríos causan vientos del primer cuadrante que modifican su comportamiento normal (Ricardo, 2009). En ocasiones ocurren vientos fuertes y persistentes provenientes del Sur (S) y Suroeste (SW).

III.1.1 Caracterización físico-geológicas de las redes de nivelación.

➤ Polígono geodinámico Moa Níquel.

Se encuentra ubicado entre los 74° 54" y 74° 57" de longitud oeste y entre los 20° 37" y 20° 39" de latitud norte, abarcando un área de 0.8 km² (Figura 3.3).

Se caracteriza por ser una región semimontañosa, siendo más significativa hacia el Sur. La red fluvial es desarrollada, al estar rodeada por el río Moa y su afluente Cabaña. La erosión de los suelos se caracteriza por ser fuerte como consecuencia del laboreo minero. La vegetación es escasa y espaciosa con predominio de pinos por la acción de reforestación. El clima es tropical húmedo con lluvias todo el año, con precipitaciones que oscilan entre los 1800 y 2000 mm anuales. Los suelos son pardos-rojizos, por consecuencia de la existencia de los minerales que lo conforman.

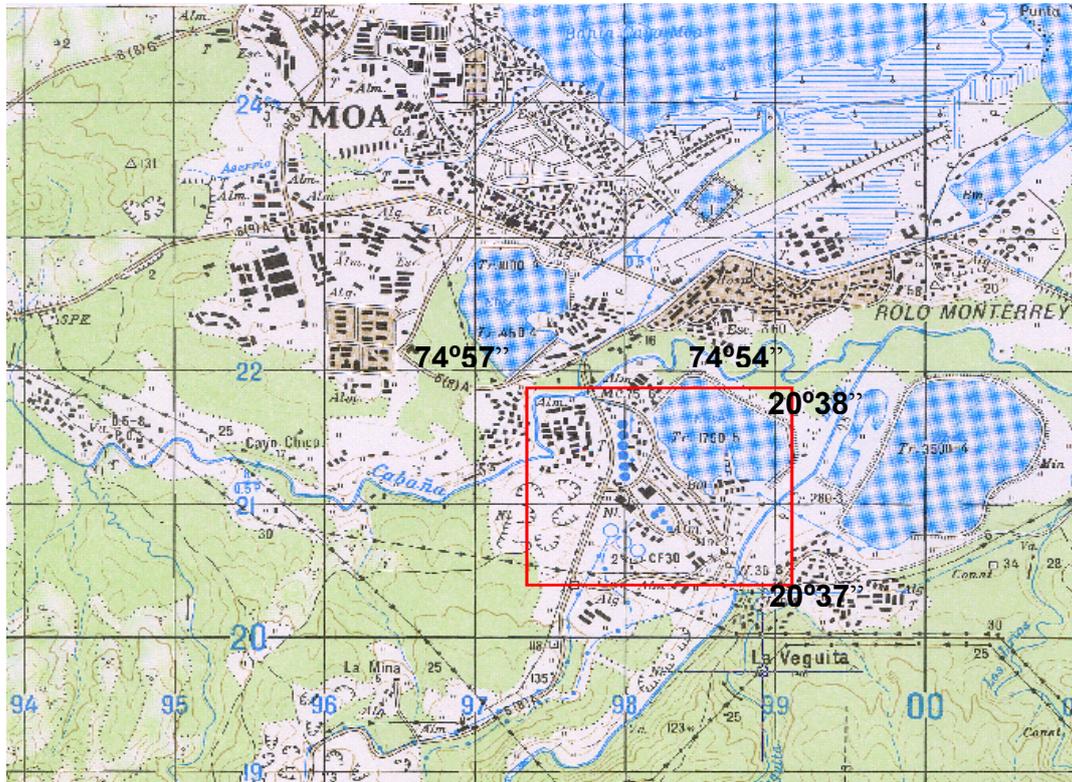


Figura 3.3. Ubicación geográfica de la Fábrica Moa Níquel.

➤ **Polígono geodinámico FERRONIQUEL.**

Se encuentra ubicado entre los $74^{\circ} 54''$ y $74^{\circ} 57''$ de longitud oeste y entre los $20^{\circ} 37''$ y $20^{\circ} 39''$ de latitud norte, al oeste del río Moa. Abarca un área de 0.72 km^2 (Figura 3.4).

Se caracteriza por ser una región montañosa con grandes pendientes, siendo más significativas hacia el Sur. La red fluvial está caracterizada por el río Moa que corre a su derecha y algunos arroyos que nacen en sus cercanías que llagan a ser intermitentes la mayor parte del año. La erosión de los suelos se caracteriza por ser muy fuerte como consecuencia del laboreo minero y la acción de las continuas lluvias. La vegetación es escasa y espaciosa con predominio de pinos por la acción de reforestación. El clima es tropical húmedo con lluvias todo el año, con precipitaciones que oscilan entre los 2200 y 2800 mm anuales. Los suelos son pardos-rojizos, por consecuencia de la existencia de los minerales que lo conforman.

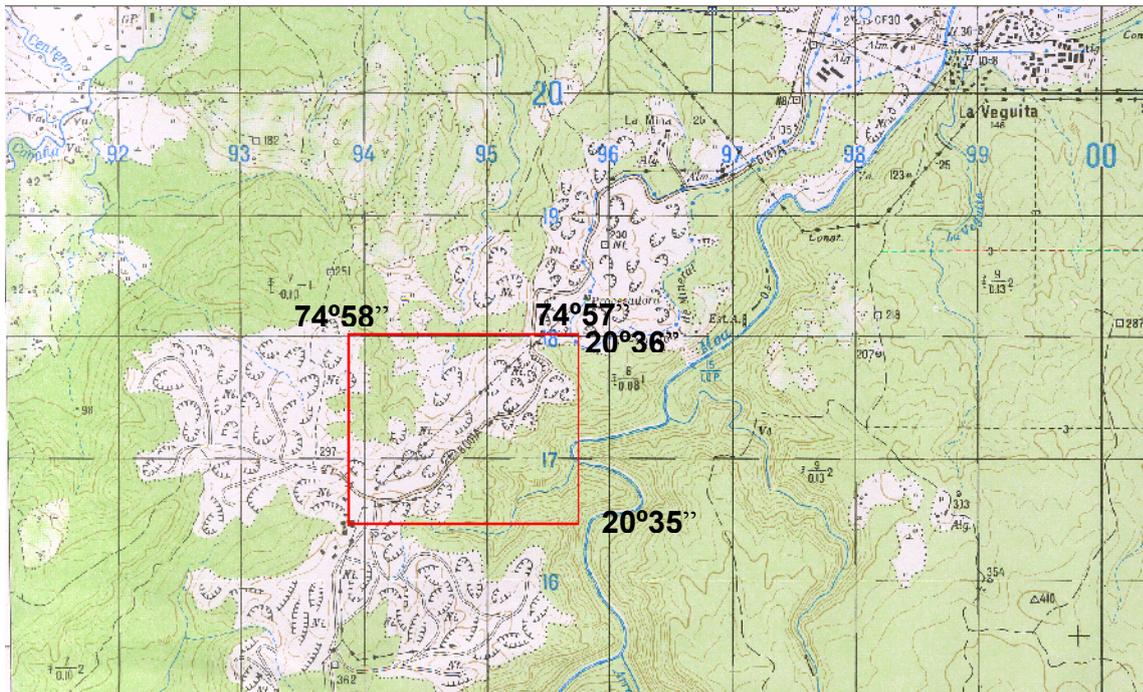


Figura 3.4. Ubicación geográfica de la futura Fábrica FERRONIQUEL.

III.2 Breve caracterización de la red de nivelación de la región.

La región de estudio cuenta con una extensa densidad de puntos o cotas altimétricas de Red Geodésica Nacional de I, II, III, y IV Orden. Se extienden a todo lo largo de las arterias principales y secundarias como carreteras principales, carreteras secundarias, terraplenes mejorados, caminos vecinales.

Actualmente se rescatan los puntos pertenecientes al I y II Orden, los restantes se realizan en función de la actualización del mapa a escala 1:10000. Es decir, que existe una excelente protección, sistematización y mantenimiento de los puntos principales, no siendo así para los restantes órdenes.

Existen otra cantidad extensa de puntos que no figuran dentro de los catálogos altimétricos actuales, monumentados y nivelados durante los últimos años. Por lo general son puntos de III y IV Orden, siendo los más representativos estos últimos

III.2.1 Caracterización de las redes de nivelación de estudio.

➤ Polígono geodinámico Moa Níquel.

El polígono geodinámico Moa Níquel tiene como objetivo principal la evaluación y monitoreo de la influencia de los Movimientos Recientes de la Corteza Terrestre

Verticales (MRCTV) de la región donde se encuentra enclavada la fábrica de níquel Pedro Soto Alba. Fue creado en el año 2009 por la entidad de GEOCUBA Oriente Norte por solicitud de la Unión del Níquel para el monitoreo de las deformaciones en la fábrica.

Está compuesto por un total de 16 puntos, distribuidos en toda el área de la fábrica. De estos existen 2 que son coincidentes con los puntos del polígono geodinámico planimétrico. Se caracterizan en su mayoría por ser monumentos sencillos en suelo normal. Los puntos MNH-1, MNV-14 y MNV-1 pertenecen a la línea Geodinámica Moa–Presa Nuevo Mundo, los cuales se utilizan como iniciales.

La red de nivelación es de I Orden con una distancia total de 5.5 km. Está formada por 3 polígonos, los cuales se definieron en el primer ciclo de medición (Anexo 3). El Polígono No.1 está formado por los puntos MNV-2, MNV-3, MNV-4, MNV-7, MNV-9, MNV-8, y MNV-5, ubicados al Suroeste de las instalaciones de la fábrica. El Polígono No. 2 está formado por los puntos MNV-3, MNV-1, MNV-14, MNH-1, MNV-13, MNV-12, MNV-11, MNV-10, MNV-9, MNV-7, y MNV-4, ubicados al Suroeste de las instalaciones de la fábrica. El Polígono No.3 está formado por los puntos MNV-9, MNV-10, MNH-6, MNV-6, MNV-5 y MNV-8, ubicados al Este de las instalaciones de la fábrica.

Se realizaron las observaciones con el empleo de niveles digitales. En el año 2009 se utilizó el SPRINTER 200M y en el 2010 el DNA03. Para las mediciones en campo se emplearon diferentes programas de observación.

➤ **Polígono geodinámico FERRONIQUEL.**

El polígono geodinámico FERRONIQUEL tiene como objetivo la evaluación y monitoreo de la influencia de los Movimientos Recientes de la Corteza Terrestre Verticales (MRCTV) de la región donde se encuentra enclavada. El aseguramiento geodésico a los trabajos durante la etapa de construcción y explotación como mediciones para el cálculo de volúmenes del movimiento de tierra, replanteo de los diferentes objetos de obra y base para el control de asentamientos. Se crea en el 2010 por la entidad de GEOCUBA Oriente Norte como respuesta a la solicitud de FERRONIQUEL MINERA S.A.

En sus inicios estuvo compuesto por 10 puntos, distribuidos en toda el área que comprende a la fábrica. Las cotas fijas PM-3 y PM-4 fueron destruidos por la acción de

los trabajos de movimiento de tierra. Estos pertenecían a la Línea Geodinámica de II Orden Moa–Presa Nuevo Mundo y se utilizaron como iniciales para la determinación de las alturas de los nuevos puntos. Uno de los puntos que conforman el polígono (FNC-1) no forma parte de la red de nivelación al estar alejado del área de trabajo y con difícil acceso. El polígono es de II Orden y lo componen actualmente 7 puntos, 5 de ellos de centración forzada con pilares de 1.2m y 2 chapas empotradas sobre roca que pertenecen al ramillete.

Cuenta con un ramillete para el control de la estabilidad y como puntos de partida para el desarrollo de la misma. Está compuesta por 3 polígonos que enlazan todos los puntos (Anexo 4). El Polígono No. 1 está formado por el FNC-2-1, FNC-2-2 y FNC-2-3, ubicados al Norte. El Polígono No. 2 está compuesto por los puntos FNC-2-1, FNC-3-1, FNC-5-1 y FNC-2-2 (el primero y el último pertenecientes al ramillete). El Polígono No. 3 está conformado por los puntos FNC-2-1, FNC-2-2, FNC-5-1, FNC-6-1 y FNC-4-1 (el primero y el segundo pertenecientes al ramillete).

Se realizaron las observaciones con el empleo de niveles digitales en tres ciclos. En el año 2011 (ciclo 2) se utilizó el SPRINTER 200M y en el 2010 (ciclo 1) y 2011 (ciclo 3) el DNA03. Para las mediciones en campo se emplearon diferentes programas de observación.

III.3 Métodos utilizados en los trabajos de campo.

Los diferentes órdenes de nivelación se realizaron cumpliendo lo establecido en el capítulo anterior. Cada trabajo responde a uno de los programas de observación propuestos con el empleo de los niveles digitales. En los primeros años de introducción de esta tecnología (primeros trabajos realizados) se mantuvieron los parámetros técnicos vigentes en la Instrucción Técnica para la Nivelación de I, II, III y IV Orden. Estos se fueron determinando posteriormente, en la medida en que se fueron evaluando los resultados.

➤ Polígono geodinámico Moa Níquel.

En este polígono se realizaron 2 ciclos de observaciones, uno en el año 2009 y el otro en el 2010. Se utilizaron en ambos los niveles digitales, en el primero se utilizó el SPRINTER 200M y en el segundo el DNA03.

Los trabajos de campo del 2009 se desarrollaron con miras de código de barras de aluminio (telescópica GTL4C), corredizas de 4m (Figura 3.5a). Estas no cuentan con riostras para mantenerlas en una posición fija, estando implícito en las observaciones el error por inclinación de la mira. Para la colocación de estas no se utilizaron pines ni sapos, según conocimiento, fueron ubicadas en salientes de rocas a criterios de los auxiliares como estables. Esto determina la influencia del error por colocación de la mira. El programa utilizado fue el BFFB en dos horizontes del instrumento en sentido directo e inverso (Anexo 5).

Programa de observación

Sentido directo
BFFB = BF – FB

Sentido inverso
BFFB = BF – FB

Donde:

B – mira de espalda.

F – mira de frente.

Se estableció como concepto inicial mantener las exigencias (parámetros técnicos) establecidas para el I Orden como:

1. Equidistancia entre la mira y el instrumento no mayor de 0.5m.
2. Acumulación de la equidistancia entre la mira y el instrumento no mayor de 1.0m.
3. Error de cierre permisible para estudios geodinámicos según la fórmula:

$$f_{perm} = \pm 2mm\sqrt{L} \quad (3.1)$$

Donde:

L – longitud de la línea en km.

4. Distancia máxima entre el instrumento y la mira no mayor de 50m.

Los trabajos de campo del 2010 se realizaron con miras de código de barras de invar (GPCL3 con par de puntales GSL3) de 3m con riostras (Figura 3.5b). Antes de comenzar los trabajos se realizó la determinación del ángulo i para comprobar el buen estado del nivel después de un largo viaje (Anexos 6). Este se muestra en el programa

de procesamiento como Med+reg. Para la colocación de las miras en el terreno durante las puestas de instrumentos se utilizaron sapos (placa de base GLUS1), (Figura 3.5c).



Figura 3.5a) Mira de aluminio de código de barras corrediza de 4m.

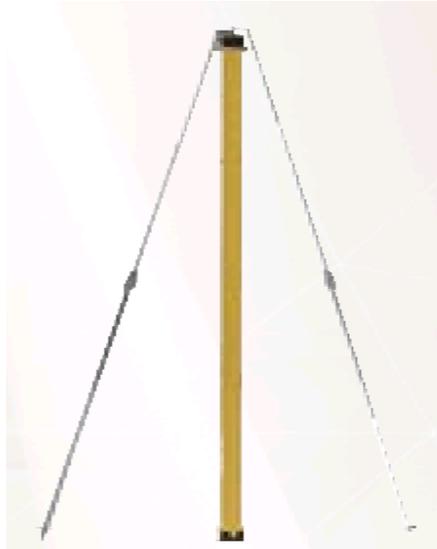


Figura 3.5b) Mira de invar de 3m con riostras.



Figura 3.5c) Sapo para nivelación.

El programa de observación utilizado fue el aEFFE en sentido directo e inverso con un solo horizontes del instrumento (Anexo 7 y Figura 3.6).

Programa de observación

Sentido directo

aEFFE

Sentido inverso

aEFFE

Donde:

a – alternar observación en cada puesta de instrumento.

E – mira de espalda.

F – mira de frente.

Nombre de línea	Mét...	Núm. de ob...	Núm. est...	Longitud de la línea	Compensación d...	Id punto de I...	Fecha/Hora
Line 001	aEFFE	1048	262	8178.27	0.26	MNH-1	11/23/2010 21:23...
Line 002	aFFFF	256	64	2051.49	-1.46	MNV3	11/23/2010 21:50...
Line 003	aEFFE	80	20	817.77	1.73	MNV9	11/23/2010 21:56...
med+reg	-	0	0	0.00	0.00	-	11/23/2010 21:23...

Figura 3.6. Programas aEFFE en sentido directo e inverso.

Se utilizaron los parámetros establecidos en el capítulo anterior, manteniéndose solamente según instrucciones vigentes el error de cierre permisible según la fórmula 3.1.

Con el objetivo de comprobar el alcance de algunos de los parámetros establecidos y programas de observación se realizaron mediciones en dos secciones del polígono. Se utilizaron los programas EF en un sentido, EF en sentido directo e inverso, EFFE en sentido directo, EFFE en sentido directo e inverso, aEFFE en sentido directo y aEFFE en sentido directo e inverso. El objetivo es comparar los resultados obtenidos y evaluar las propuestas (Anexos 8, 9, 10 y 11 y Figuras 3.7a), b), c) y d)). En los Anexos solo se muestran los sentidos directos teniendo en cuenta la cantidad de datos que se derivan de las observaciones.

Nombre de línea	Mét...	Núm. de ob...	Núm. est...	Longitud ...	Compensación d ..	Id punto de I...	Fecha/Hora
Line 001	EF	68	34	1061.05	0.9	MNH1	11/23/2010 21:31...
Line 002	EF	60	30	1059.94	-0.31	MNH1	11/23/2010 21:33...
Line 003	EF	68	34	1054.15	-0.78	MNV-1	11/23/2010 21:35...

Figura 3.7a). Programas EF en sentido directo y EF en sentido directo e inverso.

Nombre de línea	Mét...	Núm. de ob...	Núm. est...	Longitud ...	Compensación d...	Id punto de I...	Fecha/Hora
Line 001	aEF	60	30	1054.85	0.30	MNH-1	11/23/2010 21:32...
Line 002	aEF	60	30	1058.28	-0.87	MNH1	11/23/2010 21:35...
Line 003	aEF	68	34	1053.48	-2.69	MV1	11/23/2010 21:37...

Figura 3.7b). Programas aEF en sentido directo y aEF en sentido directo e inverso.

Nombre de línea	Mét...	Núm. de ob...	Núm. est...	Longitud ...	Compensación d...	Id punto de I...	Fecha/Hora
Line 001	EFFE	128	32	1044.89	-0.51	MNV-1	11/23/2010 21:29...
Line 002	EFFE	136	34	1060.52	0.07	MNH1	11/23/2010 21:32...
Line 003	EFFE	128	32	1063.15	-0.23	MV-1	11/23/2010 21:36...

Figura 3.7c). Programas EFFE en sentido directo y EFFE en sentido directo e inverso.

Nombre de línea	Mét...	Núm. de ob...	Núm. est...	Longitud ...	Compensación d ..	Id punto de I...	Fecha/Hora
Line 001	aEFFE	128	32	1058.12	-0.26	MNH-1	11/23/2010 21:26...
Line 002	aEFFE	136	34	1066.81	1.66	MNV-1	11/23/2010 21:29...
Line 003	aEFFE	128	32	1054.77	-0.62	MH-1	11/23/2010 21:33...

Figura 3.7d). Programas aEFFE en sentido directo y aEFFE en sentido directo e inverso.

➤ **Polígono geodinámico FERRONIQUEL.**

En el polígono FERRONIQUEL de II Orden se realizaron 3 ciclos de observaciones uno en el año 2010 y 2 en el 2011. Los ciclos 1 y 3 se realizaron con el nivel DNA03 y el ciclo 2 con el SPRINTER 200M.

Los trabajos de campo del ciclo 1 del 2010 se realizaron con miras de código de barras de invar de 3m con riostras. Antes de comenzar los trabajos se realizó la determinación del ángulo i para comprobar el buen estado del nivel después de un largo viaje. Para la colocación de las miras en el terreno durante las puestas de instrumentos se utilizaron sapos.

El programa de observación utilizado en el ciclo 1 fue el EFFE en sentido directo con dos horizontes del instrumento (Anexo 12 y Figura 3.8).

Programa de observación

Sentido directo

$$EFFE = EF - FE$$

Document...	Trabajos	Nombre de línea	Método	Núm. obs...	Núm. est...	Longitud...	Compensación d...	Cif. total de est...	Id punto de Inicio	Fecha/Hora
	Trabajos	Línea 001	EFFE	224	56	1475.42	-1.72	C.0014	PM-3	09/17/2013 04:37:54
	16 9 010	Línea 002	EFFE	520	130	2031.78	0.25	C.0002	PM 1	09/17/2013 04:13:32
	DAGE GEOD	Línea 003	EFFE	240	60	1355.91	0.26	C.0005	PM-4	09/17/2013 04:56:34
	DIA 15 NIVEL	Línea 004	EFFE	116	29	1141.70	-0.52	L.0004	PM-2-1	09/17/2013 05:12:36
		Línea 005	EFFE	176	44	1170.54	1.00	C.0006	PM-3	09/17/2013 05:35:32
		Línea 006	EFFE	68	17	705.28	0.03	-C.0009	CFT	09/17/2013 05:39:56

Figura 3.8. Programas EFFE en sentido directo en dos horizontes.

El ciclo 2 del 2011 se realizó con miras de código de barras de aluminio, corredizas de 4m. Antes de comenzar los trabajos se realizó la determinación del ángulo i para comprobar el buen estado del nivel. Para la colocación de las miras en el terreno durante las puestas de instrumentos se utilizaron sapos.

El programa de observación utilizado fue el BFFB en sentido directo e inverso con dos horizontes del instrumento (Anexo 13).

Programa de observación

Sentido directo

$$BFFB = BF - FB$$

Sentido inverso

$$BFFB = BF - FB$$

El ciclo 3 del 2011 se realizó igual al ciclo 1, solo cambiando el programa de observación. Fue utilizado el aEFFE en sentido directo con un horizonte del instrumento (Anexo 14 y Figura 3.9).

Document...	Trabajos	Nombre de línea	Método	Núm. de obs...	Núm. est...	Longitud...	Compensación d...	Cif. total de est...	Id punto de Inicio	Fecha/Hora
	Trabajos	Línea 001	aEFTL	120	32	502.12	0.14	J 0001	PM-6	10/24/2011 22:26:00
	16 9 C10	Línea 002	aEFTL	440	110	2457.7	-0.50	J 0013	PM-4	10/24/2011 22:29:22
	BASE GEOD	Línea 003	aEFFE	128	32	1327.38	0.46	J 0038	PM-2-1	10/24/2011 22:40:21
	DIA 15 NIVEL	Línea 004	aEFFE	30	20	577.31	0.25	J 0031	PM-3	10/24/2011 22:43:38
	FERRONIQUEL2011 III	Línea 005	EFFE	32	8	66.93	2.03	-J 0001	PM-2-1	10/24/2011 22:45:40
		Línea 006	EFFE	32	8	57.70	0.43	-J 0034	PM-2-1	10/24/2011 22:46:30
		Línea 007	aEFFE	16	4	29.14	-0.50	-J 0030	PM-2-1	10/24/2011 22:47:20
		Línea 008	aEFFE	150	40	1351.39	-1.56	J 0032	PM-2	10/24/2011 22:47:46
		Línea 009	aEFFE	128	32	503.38	1.42	-J 0030	PM-5	10/24/2011 22:51:46

Figura 3.9. Programas aEFFE en sentido directo en un horizonte.

Programa de observación

Sentido directo

$$aEFFE$$

En todos los casos se utilizaron los parámetros establecidos en el capítulo anterior, manteniéndose solamente según instrucciones vigentes el error de cierre permisible según la fórmula 3.2.

$$f_{perm} = \pm 5mm\sqrt{L} \quad (3.2)$$

Donde:

L – longitud de la línea en km.

III.4 Análisis de los resultados de las mediciones de campo.

Los resultados derivados de cada uno de los trabajos realizados se analizan independientes con el objetivo de evaluar los resultados alcanzados y validar lo expuesto en el Capítulo II. Para realizar este análisis primeramente se descargaron los ficheros de las mediciones, con la ayuda de los software Leica Flex Geo Office Herramienta los primeros años de utilización de esta tecnología y posteriormente el Leica Geo Office Combinado V7.0 (Anexo 15). Estos deben configurarse para el tipo de instrumento del cual se transferirán los datos. En el caso del DNA03 los ficheros se transfieren en formato .GSI y el SPRINTER en .ASC, este último no se descarga en formato GSI porque no se reconoce por el programa y se abre con Bloc de notas. Con los ficheros .GSI en la PC se crea un proyecto dentro del mismo programa y se importan los datos para su procesamiento (Anexo 16). Se denominan libretas de campo electrónicas. Estas son una representación electrónica de una libreta de tránsito convencional y por lo tanto, presenta muchas similitudes con esta. De forma predeterminada, en la libreta de campo se muestran los siguientes diferentes elementos como el Id punto, Espalda, Frente, Distancia, Cota, etc.

Una vez visualizadas en la pantalla se guardan las líneas tanto en el Leica Geo Office como en Bloc de notas, como ficheros .txt y se abren en Microsoft Excel para el análisis detallado de los datos.

Para la comparación analizamos todos los elementos que se pueden evaluar o determinar con los datos que brindan las mediciones de campo en la libreta electrónica. Estos se centrarán en la determinación de las distancias máximas de nivelada, las desigualdades de distancia entre instrumento y mira, en la acumulación o

compensación de las distancias, diferencias entre desniveles de los horizontes o de los sentidos directo e inverso y el desnivel final de la sección.

➤ **Polígono geodinámico Moa Níquel.**

En el polígono geodinámico se observaron la totalidad de los desniveles según esquema de nivelación. El ciclo 1 se analiza teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la Instrucciones Técnica y metodologías vigentes. En el caso del ciclo 2 se evaluará por lo planteado en el Capítulo II.

• **Nivelación del Ciclo 1, año 2009.**

En el primer ciclo desarrollado con el SPRINTER 200M en el sentido directo, la totalidad de las desigualdades de las distancias en la puesta de instrumento están dentro del valor permisible establecido para el caso de las nivelaciones de I Orden. Comportándose de la misma forma la acumulación de estas en las diferentes secciones (Anexo 17). Casi la totalidad de las puestas de instrumentos no sobrepasa la distancia de 50m, solo hay 12 puestas con distancias fuera del permisible. Se midieron 8 desniveles intermedios con valores superior a 50m e inferior o igual a 60m y 4 con valores entre los 60 y 70m. Existen 4 diferencias entre los desniveles de los horizontes fuera del permisible, según la fórmula 3.1. Si se utiliza la fórmula con $e_k=3\text{mm}$, solo quedaría fuera del permisible 2 diferencias (Anexo 18).

Estas diferencias están determinadas por trabajar con el SPRINTER 200M hasta el milímetro, es decir, tres lugares después de la coma. Este elemento que se define en las metodologías para este orden como que se debe trabajar hasta la décima de milímetro no se cumple en las observaciones realizadas. Esto confirma los resultados alcanzados fuera de los valores permisibles.

En el sentido inverso se cumplen también las desigualdades de las distancias y su acumulación en la sección está dentro del permisible (Anexo 19). Existen 7 puestas con distancias entre 50 y 60m, 4 con valores entre 60 y 70m y una mayor de 70m. Hay 10 diferencias entre desniveles de los horizontes fuera del permisible para $e_k=2$, si se evalúa para $e_k=3$ quedarían un total de 7. Una de las diferencias es de 4 mm para un permisible de 1.41 o 2.12 según el (e_k) que se utilice.

Las causa son las planteadas anteriormente, pero también está la influencia del error por incorrecta colocación de la mira y por inclinación de la mira al utilizar el terreno

(superficies irregulares) como apoyo y no contar con riostras. No obstante, debieron de ser repetidas las secciones que están más distantes de sus permisibles.

Con los desniveles obtenidos en el procesamiento (sentido directo e inverso) realizamos las comparaciones a partir de sus diferencias y el permisible establecido por la distancia total de la sección. Las diferencias entre los desniveles de ambos sentidos no debe sobrepasar los $\pm 2mm\sqrt{L}$, donde L es la longitud en kilómetros de la sección calculada en los casos donde la cantidad de puestas de instrumento sea menor de 15 en 1 km de línea, para los casos donde en la sección la cantidad de puestas de instrumento sobrepasa las 15 en un km se deberá utilizar $\pm 3mm\sqrt{L}$. Existen 4 secciones con diferencias superiores a los permisibles establecidos para cada caso (Anexos 20 y 21). En su momento, al definir las superiores al permisible, entonces se debió de repetir la sección en un sentido. Si este no se diferencia de los resultados de cada una de los primeros en más de $\pm 5mm\sqrt{L}$ o correspondientemente a $\pm 6mm\sqrt{L}$, entonces como valor final se tomará el promedio de los desniveles de todos los recorridos. Si se hubiesen mantenido las diferencias que sobrepasen los permisibles indicados se repetirían ambos recorridos.

Evaluación de los errores de cierre de los polígonos formados.

La red de nivelación está formada por 3 polígonos, en los cuales fueron observados sus puntos según esquema de trabajo.

Polígono No.1.

Está formado por los puntos MNV-2, MNV-3, MNV-4, MNV-7, MNV-9, MNV-8 y MNV-5. Se obtuvo un error de cierre de +1.3 mm, para un permisible ± 2.9 mm.

Polígono No. 2.

Está formado por los puntos MNV-3, MNV-1, MNV-14, MNH-1, MNV-13, MNV-12, MNV-11, MNV-10, MNV-9, MNV-7 y MNV-4. Se obtuvo un error de cierre de +1.3 mm, para un permisible de ± 3.6 mm.

Polígono No.3.

Está formado por los puntos MNV-9, MNV-10, MNH-6, MNV-6, MNV-5 y MNV-8. Se obtuvo un error de cierre de -0.5 mm, para un permisible de ± 2.3 mm.

Los valores de cierre de los polígonos formados están dentro de los permisibles establecidos para este tipo de nivelación según las Instrucciones Técnicas vigentes. No

obstante, no fueron cumplidos los parámetros definidos que para este caso se hubieran alcanzado mejores resultados.

- **Nivelación del Ciclo 2, año 2010.**

El ciclo 2 fue observado con el empleo del nivel DNA03 con miras de invar con códigos de barras. Se tomaron como instrucciones las establecidas en el capítulo 2. Las mediciones se cumplieron según el esquema de nivelación planteado en el 2009. Para la evaluación de algunos de los programas establecidos se seleccionaron 2 secciones y se realizaron las mediciones cumpliendo cada uno de ellos.

Observación del Polígono.

Durante las observaciones del polígono en gran parte de las PI de las diferentes secciones se fueron del permisible las diferencias de distancia por puesta de instrumento y algunas secciones con la acumulación de estas con respecto al valor de este parámetro establecido en el Capítulo II. Solamente en una primera línea o libreta electrónica que comprende los puntos MNH-1, MMV-14, MNV-1, MNV-3, MNV-2, MNV-5, MNV-6, MNH-6, MNV-10, MNV-11 y MNV-13 existen 39 diferencias en las puestas de instrumento, en el intervalo de ± 2 y ± 4 m, así como 3 mayores de 4m (Anexo 22). De las secciones que corresponden a esta libreta, hay 4 fuera del permisible establecido en la acumulación de las diferencias. Todas las mediciones realizadas (PI) no sobrepasan los 40m de distancia máxima, teniendo en cuenta la pendiente existente en el área.

Con los desniveles obtenidos y teniendo en cuenta la relación cantidad de PI por kilómetro de nivelación se realizó la comparación de sus diferencias con el permisible correspondiente. En todos los casos se excede la relación de $n=15$ por kilómetro, cumpliéndose que $n>15$ por lo que se utilizará como fórmula para el análisis $\pm 2mm\sqrt{L}$. Se utilizará como permisible para las diferencias entre desniveles de los horizontes y errores de cierre de los polígonos formados. Todas las diferencias entre los dos sentidos están dentro del permisible correspondiente (Anexo 23).

Evaluación de los errores de cierre de los polígonos formados.

Polígono No.1

En este polígono se obtuvo un error de cierre -0.4 mm, para un permisible de ± 3.2 mm.

Polígono No. 2

En el polígono No. 2 se obtuvo un error de cierre -2.2mm , para un permisible de $\pm 3.9\text{mm}$.

Polígono No.3

En el polígono No.3 se obtuvo un error de cierre $+2.8\text{mm}$, para un permisible de $\pm 2.8\text{mm}$.

Los valores de cierre de los polígonos formados están dentro del permisible para este tipo de nivelación según la metodología planteada y similar si se evalúan cumpliendo las actuales Instrucciones Técnicas. Aunque, no fueron cumplidos los parámetros de diferencias de distancias y acumulación de estas los valores están dentro del límite establecido. El valor de cierre del polígono No.3 estuvo cerca del límite y el No.2 está se comportó con valor cercano a su correspondiente. En estos polígonos actúan los mayores valores de desniveles de la red, confirmando que en lugares donde las pendientes son pronunciadas se debe de ser más rigurosos en el cumplimiento de los parámetros establecidos para disminuir la influencia de los errores.

Observación de las secciones seleccionadas con diferentes métodos.

Las observaciones se realizaron en las secciones donde intervienen los puntos MNH-1.MNV-14 y MNV-1 que forman parte a la vez de la línea geodinámica Moa–Presa Nuevo Mundo.

Los parámetros establecidos se cumplieron según se establece en la presente metodología de trabajo planteada en el Capítulo II. La distancia máxima de nivelada, la diferencia de distancia entre PI, así como la acumulación en la sección están dentro de los valores establecidos.

Se utilizaron los diferentes métodos durante a ejecución de los trabajos y se obtuvieron diferencias entre cada uno de ellos (Anexo 24). Tomamos como valor patrón el obtenido en la medición de estas secciones durante los trabajos en la red con valor de 30,07883 y 17,57508 respectivamente.

Según los valores obtenidos todos los métodos, excepto los que se realizaron en un solo sentidos en su forma más simple de medición (EF y a EF), los restantes están dentro de los valores permisibles. Estos garantizaron diferencias en dentro del límite de I y II Orden. Se demuestra que los programas planteados cumplen los requisitos para

ser utilizados y alcanzar las precisiones que exigen los diferentes órdenes de nivelación. Para lograr estos deben de regirse por los parámetros técnicos establecidos para cada caso.

➤ **Polígono geodinámico FERRONIQUEL.**

En este polígono se realizaron tres ciclos de observaciones según el esquema de trabajo. Los ciclos 1 y 3 se realizaron con el empleo del DNA03 y el 2 con el empleo del SPRINTER. Estos ciclos se analizan por lo establecido para las nivelaciones de II Orden en el Capítulo II.

• **Nivelación del Ciclo 1, año 2010.**

En el primer ciclo desarrollado con el DNA03 en sentido directo y dos horizontes. No existen puestas de instrumentos con la desigualdad de las distancias fuera del valor permisible establecido para el caso de las nivelaciones de II Orden. Comportándose de la misma forma la acumulación de estas en las diferentes secciones (Anexo 25). La totalidad de las puestas de instrumentos no sobrepasa la distancia de 80m como consecuencia del tipo de terreno, con grandes pendientes. No hay diferencias entre los desniveles de los horizontes fuera del permisible, según la fórmula $\pm 3mm\sqrt{L}$.

Con los desniveles obtenidos en el procesamiento (dos horizontes) realizamos las comparaciones a partir de sus diferencias y el permisible establecido por la distancia total de la sección. Las diferencias entre los desniveles de ambos sentidos no debe sobrepasar los $\pm 3mm\sqrt{L}$, donde L es la longitud en kilómetros de la sección. No existen secciones con diferencias superiores a los permisibles establecidos para cada caso. Si estas llegan a ser superiores al permisible, entonces se deberá de repetir la sección en un sentido con el método EF o aEF. Si este no se diferencia de los resultados de cada una de los primeros en más de $\pm 4mm\sqrt{L}$ o correspondientemente a $\pm 0,7mm\sqrt{n}$, donde n es la cantidad de PI, entonces como valor final se tomará el promedio de los desniveles de todos los recorridos.

Evaluación de los errores de cierre de los polígonos formados.

La red de nivelación está formada por 3 polígonos, los cuales fueron observados según el esquema inicial, con la presencia de la totalidad de los puntos proyectados.

Polígono No.1.

Está formado por los puntos FNC-2-1, PM-4 y PM-3. Se obtuvo un error de cierre de +3.0 mm, para un permisible ± 4.8 mm.

Polígono No. 2.

Está formado por los puntos FNC-2-1, FNC-3-1 y PM-4. Se obtuvo un error de cierre de +0.8 mm, para un permisible de ± 5.1 mm.

Polígono No.3.

Está formado por los puntos PM-4, FNC-3-1, FNC-4-1, FNC-5-1 y FNC-6-1. Se obtuvo un error de cierre de +1.1 mm, para un permisible de ± 5.2 mm.

Los valores de cierre de los polígonos formados están dentro de los permisibles establecidos para este tipo de nivelación según lo establecido en el Capítulo II.

- **Nivelación del Ciclo 2, año 2011.**

En el segundo ciclo, desarrollado con el SPRINTER 200M en el sentido directo e inverso, la totalidad de las desigualdades de las distancias en las puestas de instrumento están dentro del valor permisible establecido. Comportándose de la misma forma la acumulación de estas en las diferentes secciones. Las puestas de instrumentos no sobrepasa la distancia de 80m. En el sentido inverso se cumplen también las desigualdades de las distancias y su acumulación en la sección está dentro del permisible. No existen diferencias entre los desniveles del sentido directo con el inverso fuera del permisible.

Aunque no existieron diferencias fuera de los valores permisibles, se detectaron en las libretas de campo irregularidades en las observaciones por la poca experiencia del operador con el uso del SRINTER. Esto trajo como consecuencia la repetición de algunas de las secciones. Uno de los errores se relaciona con grabar los datos en cada puesta de instrumento, perdiendo la secuencia de las observaciones y observando a la misma mira. Para evitar esto hay que grabar la observación, siempre cerciorándose que es la correcta.

Evaluación de los errores de cierre de los polígonos formados.

La red de nivelación está formada por 2 polígonos, los cuales fueron observados según el esquema de trabajo. Los puntos PM-3 y PM-4 fueron destruidos por la acción de los trabajos constructivos, esto derivó cambios en la configuración de los polígonos. El

tercer polígono que se observa corresponde al ramillete de la red y su metodología de observación es de I Categoría, por lo que se excluye de los análisis.

Polígono No.1.

Está formado por los puntos FNC-2-1, FNC-3-1 y FNC-5-1. Se obtuvo un error de cierre de -8.9 mm, para un permisible ± 8.2 mm.

Polígono No. 2.

Está formado por los puntos FNC-2-1, FNC-3-1 y PM-4. Se obtuvo un error de cierre de -9.8 mm, para un permisible de ± 12.2 mm.

Para el caso del polígono No.1 el error de cierre obtenido está fuera del permisible establecido para este tipo de nivelación según lo descrito en el Capítulo II. En el Informe confeccionado para estos trabajos se tomó como permisible para evaluar los errores de cierre la fórmula $\pm 5mm\sqrt{L}$, que es lo que se establece en la Instrucciones Técnica vigentes para los casos que no excedan el promedio de 15 PI por km de nivelación. Aunque el polígono No. 2 está dentro del permisible es evidente que existieron errores durante el proceso de medición que están asociados a la inexperiencia del operador. Esto no descarta la factibilidad de utilizar los niveles SPRINTER para las nivelaciones de I y II Orden, porque cumpliendo estrictamente con lo establecido se pueden alcanzar excelentes resultados. Solo queda plantear el cuidado en la utilización de las miras plegables que producen errores por concepto de pandeo por el ajeteo constante de desplegarlas.

- **Nivelación del Ciclo 3, año 2011.**

El tercer ciclo se realizó con el DNA03 en sentido directo con el método alternado y dos horizontes. Existen un total de 37 puestas de instrumento con la desigualdad de las distancias fuera del valor permisible establecido. Excepto la sección del FNC-5-1 al FNC-6-1, en las restantes la acumulación de las diferencias de las distancias está fuera del permisible de 6m con valores máximos en las secciones del FNC-2-1 al FNC-3-1 y del FNC-3-1 al FNC-5-1 de -31.26 y -31.64m respectivamente. La primera es una de las que tiene la mayor cantidad de equidistancias infringidas con 9 (Anexo 26). La totalidad de las puestas de instrumentos no sobrepasa la distancia de 80m como consecuencia del tipo de terreno, con grandes pendientes. No hay diferencias entre los desniveles de los horizontes fuera del permisible, según la fórmula $\pm 3mm\sqrt{L}$, (Anexo 27).

Con los desniveles obtenidos en el procesamiento (dos horizontes) realizamos las comparaciones entre sus diferencias y el permisible establecido según la distancia total de la sección. Las diferencias entre los desniveles de ambos sentidos no debe sobrepasar lo permitido.

Evaluación de los errores de cierre de los polígonos formados.

La red de nivelación se comportó igual a la definida en el ciclo 2, formada por 2 polígonos.

Polígono No.1.

Se obtuvo un error de cierre de +0.3 mm, para un permisible ± 5.2 mm.

Polígono No. 2.

Se obtuvo un error de cierre de +2.3 mm, para un permisible de ± 4.8 mm.

Los valores de cierre de los polígonos formados están dentro de los permisibles establecidos para este tipo de nivelación según lo establecido en el Capítulo II. No obstante hay que ser cuidadosos en el desarrollo de nivelaciones en terrenos muy montañosos donde obliguen a realizar observaciones en los valores límites de las miras. Se ha visto y comprobado con resultados que en estos casos aumentan las diferencias de los valores obtenidos en diferentes sentidos y en los cierres de las líneas o polígono. Es decir, aumenta la desviación estándar en la comparación de la lectura del tramo de mira visado con el patrón interno del nivel. Esto puede llegar a provocar errores en los desniveles obtenidos.

III.5 Evaluación de la calidad de las nivelaciones.

La evaluación de la nivelación se realizará teniendo en cuenta los errores de cierre de las líneas y los polígonos, así como la diferencia de desniveles (d_1 , d_2 , d_3 , d_4 , d_5 y d_6) en los casos que se correspondan. En este punto nos centraremos en el último elemento teniendo en cuenta que el primero se analizó en el punto anterior.

En el caso de los desniveles digitales se compararon los desniveles de los dos horizontes, definidos en desnivel de derecha e izquierda o en los sentidos directo e inverso. Se definen por las fórmulas de la 2.27 a la 2.32 y consideraciones expuestas en el Capítulo II. Los órdenes en los que interviene este análisis son el I, II y III.

➤ **Polígono geodinámico Moa Níquel.**

En los diferentes ciclos no existen valores de “d” fuera de los valores permisibles establecidos para este orden (Anexo 28 y 29). Esto demuestra la excelente calidad de las observaciones.

Con los valores de “d” calculamos los errores medio cuadrático casual (η) y sistemático (σ) para cada polígono o línea formada, según la fórmulas 2.35 y 2.36. Se calcularon los valores a partir de las diferencias de cada una de las secciones observadas (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Errores medio cuadrático casual y sistemático.

Línea	Ciclo 1		Ciclo 2	
	Error medio Cuadrático casual η_{km}^2	Error medio Cuadrático sistemático	Error medio Cuadrático casual η_{km}^2	Error medio Cuadrático sistemático
	mm	mm	mm	mm
1	-0.2	1.2	0.0	0.5
2	-0.3		0.0	
3	-0.1		0.0	

Los resultados demuestran y confirman la fiabilidad de los parámetros establecidos para este tipo de nivelación. Así como la calidad de las observaciones.

➤ **Polígono geodinámico FERRONIQUEL.**

Según los resultados obtenidos no existen valores de “d” fuera del permisible establecido para este orden en los diferentes ciclos (Tabla 3.2). Confirmando la calidad de la nivelación y confiabilidad del programa de observación y los parámetros técnicos establecidos para este orden.

Con estos valores calculamos los errores medio cuadrático casual (η) y sistemático (σ). Se determinaron a partir de las diferencias de cada una de las secciones observadas (Tabla 3.3).

Los resultados demuestran y confirman la fiabilidad de los parámetros establecidos para este tipo de nivelación, así como la calidad de las observaciones.

Tabla 3.2. Diferencias de “d” para los diferentes ciclos de observación.

Sección		Ciclo 1			Ciclo 2			Ciclo 3		
		Dist	d6	Perm	Dist	d6	Perm	Dist	d6	Perm
Desde	Hasta	m	mm	mm	m	mm	mm	m	mm	mm
FNC-2-1	PM-4	1.15	0.8	2.1						
PM-4	PM-3	0.71	-0.6	1.7						
PM-3	FNC-2-1	0.65	0.4	1.6						
FNC-2-1	FNC-3-1	1.18	0.3	2.2	1.30	0.0	2.28	1.03	-0.1	2.0
FNC-3-1	PM-4	0.54	-0.6	1.5						
PM-4	FNC-2-1	1.15	0.8	2.1						
FNC-3-1	FNC-5-1	0.60	0.4	1.6	0.65	0.0	1.61	0.58	0.0	1.5
FNC-5-1	FNC-6-1	0.62	0.2	1.6	0.75	0.0	1.73	0.60	0.2	1.6
FNC-6-1	FNC-4-1	1.17	0.4	2.2	0.55	0.0	1.48	0.60	0.2	1.6
FNC-4	PM-4	1.35	0.6	2.3						
PM-4	FNC-3	0.54	-0.6	1.5						
FNC-4-1	FNC-2-1				2.55	0.0	3.19	2.42	1.7	3.1
FNC-5-1	FNC-2-1							1.35	0.9	2.3

Tabla 3.3. Errores medio cuadráticos casuales y sistemáticos.

Línea	Ciclo 1		Ciclo 2		Ciclo 2	
	Error medio cuadrático casual η_{km}^2	Error medio cuadrático sistemático	Error medio cuadrático casual η_{km}^2	Error medio cuadrático sistemático	Error medio cuadrático casual η_{km}^2	Error medio cuadrático sistemático
1	0.04	0.04	0.0	0.0	0.04	0.08
2	-0.01		0.0		0.13	
3	0.03					

III.6 Evaluación de la precisión de las redes de nivelación.

La precisión de una red define el grado de confiabilidad o concordancia de los resultados de las mediciones. Es el elemento que caracteriza el alcance definitivo del conjunto de puntos. También pone en evidencia el grado de exactitud con que se opera, así como la destreza y experiencia. Se calculan los EMC del desnivel en una estación y por kilómetro de nivelación (Tabla 3.4).

Tabla 3.4. Cálculo de los EMC del desnivel en una estación y por kilómetro de nivelación.

Red de Nivelación	Orden	Ciclo	EMC del desnivel en una estación	EMC por kilómetro de nivelación
Polígono geodinámico Moa Níquel	I	1	0.15	0.36
		2	0.32	0.67
Polígono geodinámico FERRONIQUEL	II	1	0.62	0.56
		2	2.50	2.00
		3	0.47	0.45

Según lo resultados obtenido al emplear las fórmulas 2.39, 2.40 y 2.41 queda evidente que los parámetros técnicos y principalmente los programas de observación garantizan las precisiones exigidas para cada caso. Como se puede apreciar los mayores valores se encuentran en las nivelaciones donde se empleó el nivel SPRINTER. Se confirma la imposibilidad de alcanzar la precisión exigida para los I y II Orden de nivelación. La mayor influencia en los resultados es la utilización de miras plegables con las cuales se puede alcanzar hasta 2mm por km de nivelación, según el fabricante.

III.7 Conclusiones parciales.

1. Los resultados de las nivelaciones confirman la fiabilidad de los parámetros técnicos y programas de observación, que permiten alcanzar las precisiones exigidas para cada orden de nivelación.
2. El nivel digital SPRINTER no da respuesta a las precisiones exigidas para el I Orden y solo con una ejecución rigurosa mediante el cumplimiento estricto de lo estipulado se pueden desarrollar hasta II Orden.

**CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES

1. Se determinan nuevos parámetros técnicos y programas de observación para los diferentes tipos de nivelación con el empleo de los niveles digitales, haciéndolos más eficaces y demostrando la factibilidad en diferentes redes de nivelación.
2. La aplicación de las exigencias técnicas planteadas permitió alcanzar los niveles de precisiones exigidas para cada uno de los casos expuestos, así como la disminución del tiempo en la obtención de los resultados finales.
3. En las observaciones con niveles digitales se reduce la influencia de los errores implícitos en el proceso de medición, logrando obtener resultados más confiables y con mayor precisión.
4. El empleo de los niveles de la serie SPRINTER para el I y II Orden debe ser limitado, estos no garantizan la precisión exigida para estos órdenes como consecuencia del uso de miras corredizas de código de barras que aumentan los errores durante las mediciones.

RECOMENDACIONES

1. Analizar restantes los parámetros técnicos de las Instrucciones Técnicas vigentes y que no se tienen en cuenta, sobre la base de los elementos expuestos en el presente trabajo.
2. Crear la metodología para el desarrollo de la nivelación con niveles digitales para su generalización y aplicación en los diferentes trabajos de nivelación que se desarrollan en el país.
3. Utilizar solamente los niveles digitales de la serie SPRINTER para la ejecución de nivelaciones de II Orden, siempre y cuando se utilicen como exigencias técnicas las establecidas para el I Orden.
4. Evaluar el comportamiento actual del coeficiente de refracción atmosférica de Cuba como consecuencia del cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, L. E. (2010) Determinación de índices de vulnerabilidad geotécnica por métodos geodésicos, Instituto Técnico Militar “José Martí”, La Habana, Cuba.
2. Araolaza, A. (1999) A beginner’s Guide to uncertainty of measurements, Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología de Panamá, Panamá.
3. Barbadillo, .A. (2009) Nivelación de alta precisión de las líneas que componen el proyecto REDNAP_A400 para la ampliación de la zona de Aragón – Valencia, Madrid, España.
4. Belete, O. (2008). Topografía. Moa.
5. Casanova, L. (2005) Capítulo 6. Nivelación, España.
6. Centro Nacional de Información Geográfica (1996) Avances en geofísica y geodesia, Instituto Geográfico Nacional, Madrid, España.
7. Chueca, M. (1982) “Topografía”, Obra general de consulta, Dossat, Madrid, España.
8. Cid, R.; S. Ferrer (1997). Geodesia Geométrica, Física y por Satélites, Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento.
9. Domínguez García – Tejero, F. (1968). Topografía General Aplicada. Madrid.
10. Domínguez, A.-Sánchez, A.-Píriz, G.-García, J. (2002) Método de Nivelación Geométrica compuesta de dobles visuales.
11. Domínguez, F. (1995) “Topografía abreviada”, Obra clásica, actualizada y de carácter eminentemente didáctico, Mundi-Prensa, España.
12. Drewes, H et al. (1999) Sistema vertical de referencia para América del Sur, Instituto de Investigaciones Geodésicas (DGFI), Alemania.
13. Egge, D. (1997) Geometrical Geodesy, International Maritime Academy, Trieste, Italy.
14. Farjas, M. (2004) Tema 3. Nivelación Trigonométrica, España.
15. Farjas, M. (2005) Teoría Nivelación Geométrica, Tema 4. Nivelación Geométrica, España.
16. Gil Cruz, A.J. (1997) Apuntes de la asignatura Redes Geodésicas, Jaén, España.
17. Grupo Empresarial GEOCUBA (2004) MET 30-27:2004 Metodología para el control de deformaciones a partir de métodos geodésicos, La Habana, Cuba.

18. Grupo Empresarial GEOCUBA (2004) NRFA 00–XX:2004 “Nivelación de I, II, III, IV Órdenes de especificación de proceso”, La Habana, Cuba.
19. Grupo Empresarial GEOCUBA, Instrucciones Técnicas para las nivelaciones de I, II, III y IV Orden. Cuba.
20. Instituto Geográfico Militar (1988). Instrucciones técnicas para los trabajos de campo. Fascículo IV: Nivelación, Chubut, Argentina.
21. Instituto Geográfico Nacional (2002), Manual de instrucciones para la Nivelación de Alta Precisión, Servicio de Publicaciones del Instituto Geográfico Nacional, Madrid, España.
22. Jordan, W. (1961). Tratado General de Topografía, Tomo II “Altimetría, taquimetría, fotogrametría y replanteos”. 3ra Edición. Editorial Gustavo Pili S.A. Barcelona.
23. Kasser, M. (2001) Nuevas técnicas para la determinación de altitudes. Topografía y Cartografía, V. XVIII, nº 106, Madrid, España, pp. 37-40.
24. Laboratorio de Metrología N° 57 (2004) Declaración de la mejor capacidad de medición expresada como incertidumbre para el alcance solicitado, GEOCUBA Oriente Norte, Holguín, Cuba.
25. Leica Geosystems AG (2004) “Leica SPRINTER” User Manual, Heerbrugg, Switzerland.
26. Leica Geosystems AG (2006) “Leica DNA03/DNA10” Manual de empleo, Heerbrugg, Switzerland.
27. Leica Geosystems AG (2007) Leica Geo Office Combinado Software Versión 7.0, Heerbrugg, Switzerland.
28. López, S. (1996) Topografía. Obra clásica sobre métodos e instrumentos topográficos y su aplicación a la ingeniería, Mundi Prensa, Madrid.
29. Milán, C. (2011) Informe Técnico sobre los trabajos geodésicos para la construcción de la Presa Levisa, Holguín, Cuba.
30. Morales, R. (1991) Manual de geodesia y topografía. Armilla: Proyecto Sur de Ediciones, S.A.L.
31. Núñez, A. et al (1992) La nueva era de la topografía, Madrid, España.
32. Olivera, R. (2011) “Keops” Topografía aplicada, Filial de Topografía Aplicada, Grupo Empresarial GEOCUBA IC, La Habana, Cuba.

33. Ortiz, A. (2011) Informe Técnico sobre los trabajos geodésicos para la certificación de la Zona 4 de Mina Martí, Holguín, Cuba.
34. Pacomio Peña, M.M. (2000) Proyecto para la implantación de una nueva red de Nivelación de Precisión en la Comunidad Autónoma de Extremadura (PFC), Jaén, España.
35. PENTAX Industrial Instrument Co., Ltd. (2001) Nivel automatic, Tokyo, Japan.
36. Pérez-Pérez, C. et al. (2009). Monitoreo de los movimientos recientes de la corteza terrestre y peligro sísmico regional. Informe ETAPA II:. Proyecto: Valoración de la amenaza sísmica en la Región Minera del Noreste de Holguín.
37. Ricardo, S. (2009) Caracterización de los Movimientos Horizontales Recientes de la Corteza Terrestre en la Región Mayarí, Nicaro y Moa con el empleo de tecnología de avanzada (GPS), Instituto Técnico Militar José Martí, La Habana, Cuba.
38. Rueda, J. S. (2011) Consideraciones sobre calibración del nivel digital DNA03, GEOCUBA Oriente Norte, Laboratorio No.57, Holguín, Cuba.
39. Rueda, J. S. (2011) Elaboración y mejoramiento de la tecnología de la nivelación estatal de I, II, III y IV Órdenes, Grupo Empresarial GEOCUBA IC, La Habana, Cuba.
40. Rueda, J. S. (2011) Investigación para la utilización del nivel digital DNA 03 en la nivelación de alta precisión estatal y su procedimiento de calibración, Grupo Empresarial GEOCUBA IC, La Habana, Cuba.
41. Rueda, J. S. (2011) Mejoramiento de la tecnología de la nivelación estatal de I, II, III y IV Órdenes con el uso de niveles digitales y mecánicos ópticos, Grupo Empresarial GEOCUBA IC, La Habana, Cuba.
42. Rueda, J. S.; A. Ortiz (2010) Informe técnico-interpretativo sobre el comportamiento de los MRCT en el polígono local FERRONIQUEL, Holguín, Cuba.
43. Rueda, J. S.; A. Ortiz (2011) Informes técnico-interpretativo sobre el comportamiento de los MRCT en el polígono local FERRONIQUEL, Holguín, Cuba.
44. Rueda, J. S.; D. Salim (2009) Informe técnico-interpretativo sobre el comportamiento de los MRCT en el polígono local Moa Niquel, Holguín, Cuba.
45. Rueda, J. S.; D. Salim (2010) Informe técnico-interpretativo sobre el comportamiento de los MRCT en el polígono local Moa Niquel, Holguín, Cuba.

46. Tratado de Topografía (1970). Edición Revolucionaria. Instituto del Libro. Vedado. Habana.
47. Valbuena, J. L. (2001) VOL XIII. N1 74. Instrumentación y metodología empleadas en las técnicas altimétricas (I).
48. Valle, J. et al. (2008) Evaluation of the conventional surveying equipment applied to deformation analysis of heritage buildings a case study: the tower of Santa María la Blanca church in Agoncillo (La Rioja, Spain). 4rd IAG / 13th FIG Symposium, Lisbon , Portugal.
49. Villar, M. V. (2008) Establecimiento de una Red Geodésica de Nivelación precisa en el Volcán Urazú, Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, Costa Rica.
50. Weikko, H.; H. Moritz (1985). Geodesia física, Instituto Geográfico Nacional, Madrid, España.
51. Yactabany, E. (2003) Elaboración y perfeccionamiento de la tecnología estatal de Nivelación de I, II, III y IV Orden, Revista Geodesia y Cartografía, Editorial Moscú.
52. Yamashita, K. M.; W. Kaiser (1990) El uso de procedimientos de Nivelación Geodésica de primer orden, Clase II para vigilar desplazamiento vertical, Observatorio Vulcanológico de Cascades Vancouver, Washington DC.
53. Zakatov, P. S. (1997) Curso de Geodesia Superior. Madrid, España.

ANEXOS

Anexo 1**Características de los niveles tradicionales utilizados en las diferentes nivelaciones.**

No.	Tipo de Nivelación	Instrumento recomendado	Características de los instrumentos.
1	I Orden	Wild N-III, HA, Hb u otros equivalentes con miras de invar.	<ul style="list-style-type: none"> • Telescopio del nivel no menor de 44x. • El valor de la división del nivel de coincidencia no mayor de 10" - 12" en 2mm, la imagen de los extremes del nivel de burbuja debe transmitirse al campo visual del telescopio. • El valor de la división de la tambora de la placa plano debe ser de 0.05mm. • Precisión del establecimiento del compensador es de 0.2".
2	II Orden	Wild N-III, HA, Hb u otros equivalentes con miras de invar.	<ul style="list-style-type: none"> • Telescopio del nivel no menor de 40x - 44x. • El valor de la división del nivel de coincidencia no mayor de 12" en 2mm, la imagen de los extremes del nivel de burbuja debe transmitirse al campo visual del telescopio. • El valor de la división de la tambora de la placa plano debe ser de 0.05mm. • Precisión del establecimiento del compensador es de 0.2".
3	III Orden	Hb, HC-2, Wild N-II u otros equivalentes con miras en forma de tablero bilateral.	<ul style="list-style-type: none"> • Telescopio del nivel no menor de 30x – 35x. • El valor de la división del nivel puede llegar hasta 15" en 2mm.
4	IV Orden	Hb, HC-2, Wild N-II u otros equivalentes con miras en forma de tablero bilateral.	<ul style="list-style-type: none"> • Telescopio del nivel no menor de 25x – 30x. • El valor de la división del nivel puede llegar hasta 25" - 30" en 2mm.

Anexo 2

Resumen de los programas de observación de la nivelación en la estación con niveles tradicionales.

Orden de nivelación	Tipo de Estación	Orden de observación en Ida		Orden de observación en Regreso	
		Línea derecha	Línea Izquierda	Línea derecha	Línea Izquierda
I	Par	$ME_{PRIN} - ME_{PRII}$ $ME_{COMP} - ME_{pCOMP}$	$ME_{COMP} - ME_{pCOMP}$ $ME_{PRIN} - ME_{PRIN}$	$MF_{PRIN} - ME_{PRIN}$ $ME_{COMP} - ME_{COMP}$	$ME_{COMP} - ME_{COMP}$ $MF_{PRIN} - ME_{PRIN}$
	Impar	$ME_{PRIN} - MF_{PRIN}$ $ME_{COMP} - ME_{pCOMP}$	$ME_{COMP} - ME_{pCOMP}$ $ME_{PRIN} - ME_{PRII}$	$MF_{PRIN} - ME_{PRIN}$ $ME_{COMP} - ME_{COMP}$	$ME_{COMP} - ME_{COMP}$ $MF_{PRIN} - ME_{PRIN}$
II	Par	$ME_{PRIN} - MF_{PRIN}$ $MF_{COMP} - ME_{pCOMP}$		$MF_{PRIN} - ME_{PRIN}$ $ME_{COMP} - MF_{COMP}$	
	Impar	$MF_{PRIN} - ME_{PRIN}$ $ME_{COMP} - MF_{COMP}$		$ME_{PRIN} - MF_{PRIN}$ $MF_{PRIN} - ME_{PRIN}$	
III	Par	$ME_{NEG} - MF_{NEG}$ $MF_{ROJA} - ME_{ROJA}$		$ME_{NEG} - MF_{NEG}$ $MF_{ROJA} - ME_{ROJA}$	
	Impar	$MF_{NEG} - ME_{NEG}$ $ME_{ROJA} - MF_{ROJA}$		$MF_{NEG} - ME_{NEG}$ $ME_{ROJA} - MF_{ROJA}$	
IV	-	$ME_{NEG} - MF_{NEG}$ $MF_{ROJA} - ME_{ROJA}$			

Donde:

ME - Mira de espalda

MF - Mira de frente

PRIN - Escala principal de la mira

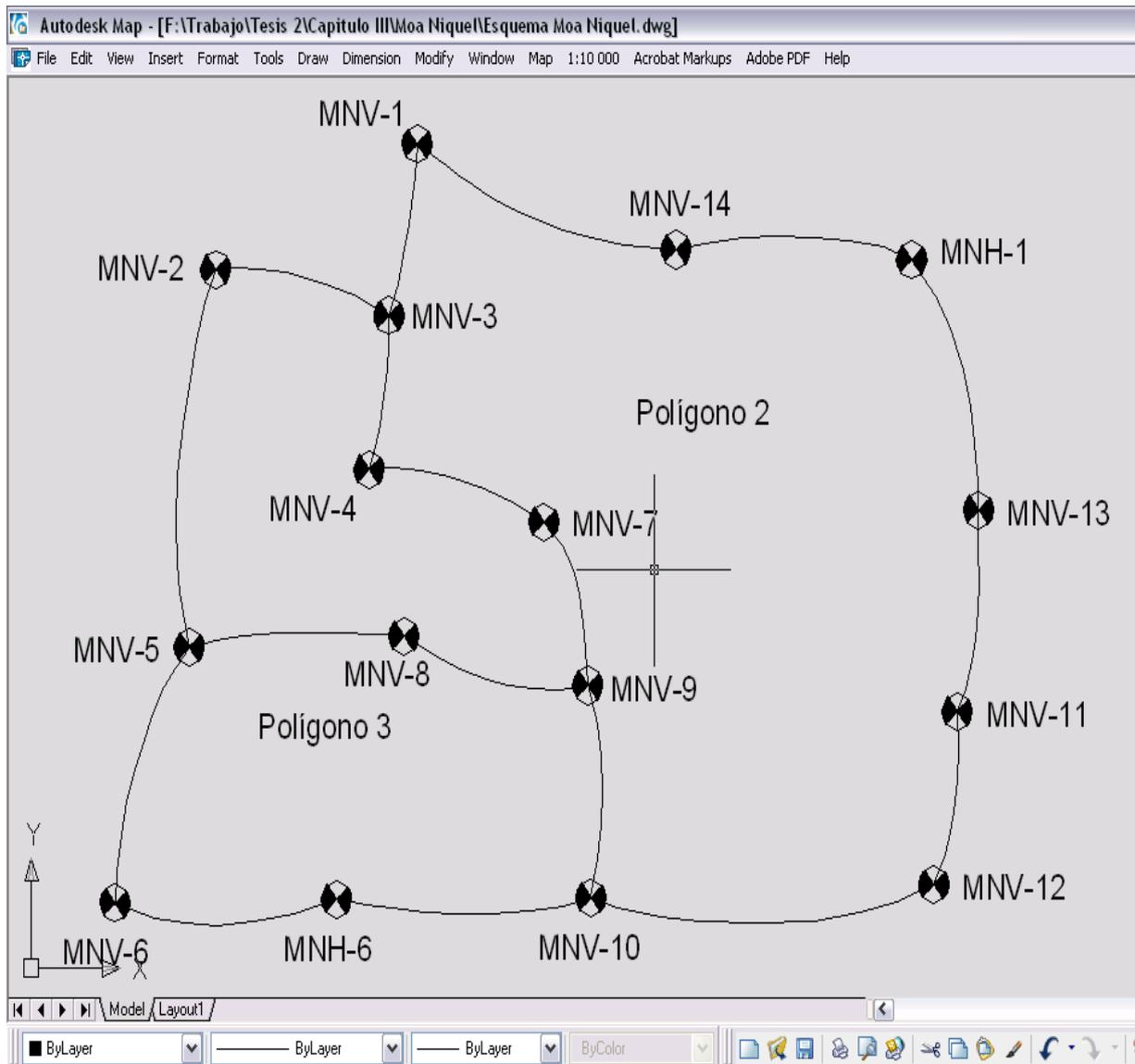
COMP - Escala complementaria de la mira

NEG - Cara negra de la mira

ROJA - Cara roja de la mira

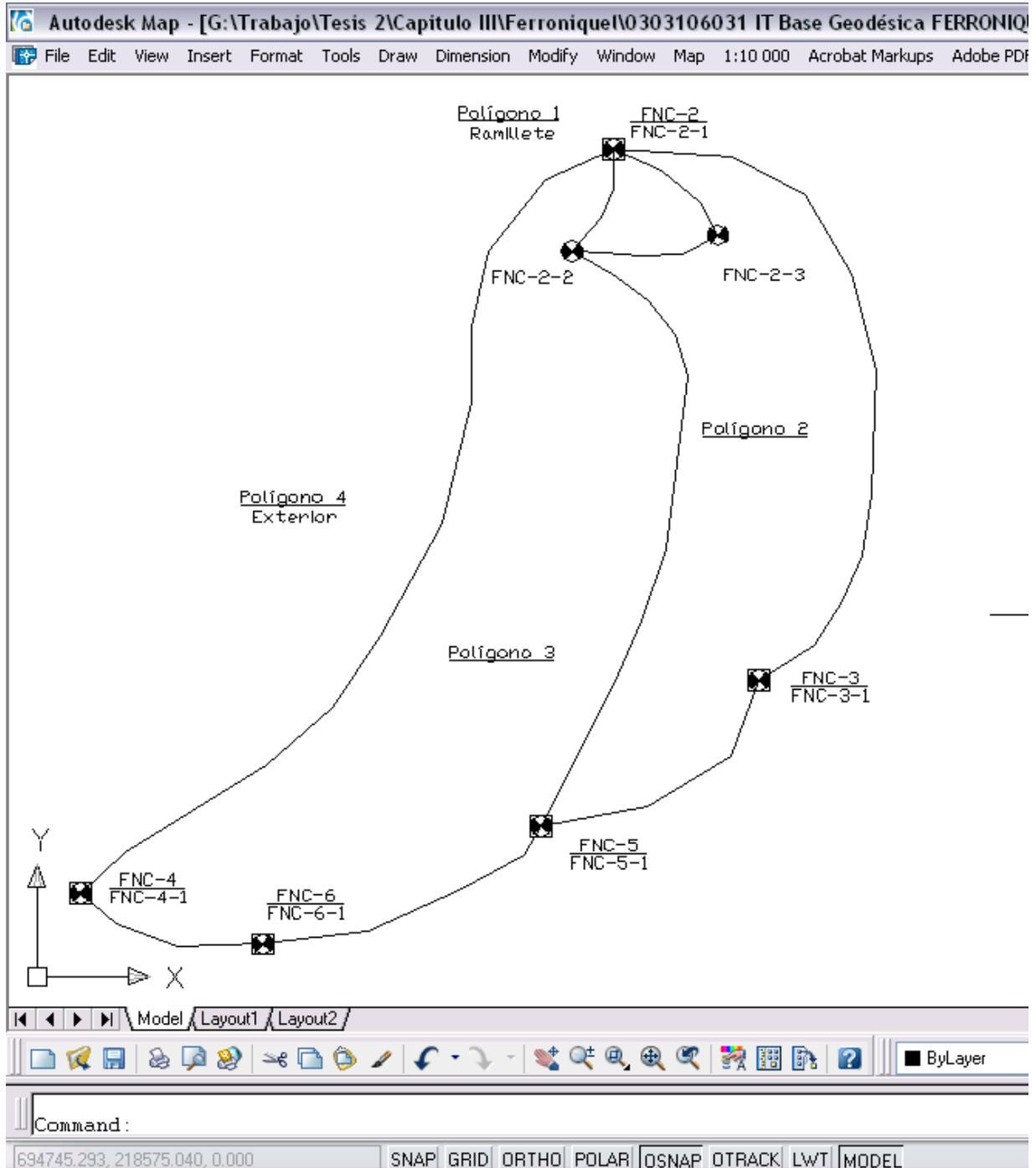
Anexo 3

Esquema de la nivelación del polígono geodinámico Moa Níquel.



Anexo 4

Esquema de la nivelación del polígono geodinámico FERRONIQUEL.



Anexo 5

Corte del fichero de datos de la nivelación del polígono Moa Níquel con el nivel SPRINTER por el método BFFB (dos horizontes) en sentido directo e inverso, año 2009.

Moa Níquel 4.ASC - Bloc de notas											
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda							
PtID	BS_HEIGHT	IS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	MEAN_dH	RL	BS_DIST	IS_DIST	FS_DIST	TYPE	
MNH1	1.934	000	000	000	000	0.000	9.50	000	000	BFFB	
	1.942	000	3.510	-1.576	000	000	9.49	000	3.53	BFFB	
MNH2	000	000	3.518	-1.577	-1.577	-1.577	000	000	3.49	BFFB	
MNH2	1.749	000	000	000	000	-1.577	11.26	000	000	BFFB	
	1.729	000	3.104	-1.355	000	000	11.23	000	11.21	BFFB	
MNH3	000	000	3.034	-1.355	-1.355	-2.931	000	000	11.25	BFFB	
MNH3	2.532	000	000	000	000	-2.931	42.99	000	000	BFFB	
	2.529	000	2.148	0.384	000	000	43.08	000	43.04	BFFB	
MNH4	000	000	2.145	0.385	0.384	-2.547	000	000	43.14	BFFB	
MNH4	2.415	000	000	000	000	-2.547	20.33	000	000	BFFB	
	2.435	000	2.255	0.151	000	000	20.41	000	20.32	BFFB	
MNH5	000	000	2.234	0.151	0.151	-2.39E	000	000	20.43	BFFB	
MNH5	2.844	000	000	000	000	-2.39E	18.73	000	000	BFFB	
	2.852	000	1.426	1.418	000	000	18.74	000	18.72	BFFB	
MNH6	000	000	1.434	1.418	1.418	-0.97E	000	000	18.72	BFFB	
MNH6	2.149	000	000	000	000	-0.97E	9.37	000	000	BFFB	
	2.156	000	2.146	0.003	000	000	9.31	000	10.13	BFFB	
MNH7	000	000	2.153	0.003	0.003	-0.975	000	000	10.16	BFFB	
MNV13	2.013	000	000	000	000	0.000	15.02	000	000	BFFB	
	2.021	000	2.739	-0.776	000	000	15.00	000	15.08	BFFB	
MNV14	000	000	2.736	-0.775	-0.775	-0.775	000	000	14.99	BFFB	
MNV14	1.997	000	000	000	000	-0.775	8.73	000	000	BFFB	
	2.009	000	2.642	-0.645	000	000	8.73	000	3.72	BFFB	
MNV15	000	000	2.653	-0.645	-0.645	-1.42C	000	000	3.70	BFFB	
MNV15	2.284	000	000	000	000	-1.42C	20.45	000	000	BFFB	
	2.294	000	2.434	-0.150	000	000	20.43	000	20.40	BFFB	
MNV16	000	000	2.444	-0.149	-0.150	-1.57C	000	000	20.43	BFFB	
MNV16	2.248	000	000	000	000	-1.57C	39.57	000	000	BFFB	
	2.275	000	2.558	-0.320	000	000	39.57	000	39.60	BFFB	
MNV17	000	000	2.534	-0.320	-0.320	-1.89C	000	000	39.54	BFFB	
MNV17	3.148	000	000	000	000	-1.89C	9.04	000	000	BFFB	
	3.137	000	1.852	1.296	000	000	9.09	000	3.00	BFFB	
MNV18	000	000	1.841	1.296	1.296	-0.594	000	000	3.05	BFFB	
MNV18	3.541	000	000	000	000	-0.594	8.58	000	000	BFFB	
	3.516	000	1.972	1.569	000	000	8.71	000	3.67	BFFB	
MNV19	000	000	1.947	1.569	1.569	0.975	000	000	3.70	BFFB	
MNV3	2.399	000	000	000	000	0.000	51.97	000	000	BFFB	
	2.407	000	1.633	0.716	000	000	51.97	000	51.94	BFFB	
MNV4	000	000	1.631	0.716	0.716	0.716	000	000	51.91	BFFB	
MNV4	3.861	000	000	000	000	0.716	28.62	000	000	BFFB	
	3.824	000	1.734	2.067	000	000	28.55	000	28.63	BFFB	
MNV5	000	000	1.757	2.067	2.067	2.783	000	000	28.56	BFFB	
MNV1	1.756	000	000	000	000	0.000	28.75	000	000	BFFB	
	1.668	000	3.824	-2.068	000	000	28.72	000	28.76	BFFB	
MNV2	000	000	3.736	-2.068	-2.068	-2.06E	000	000	28.75	BFFB	
MNV2	1.699	000	000	000	000	-2.06E	65.60	000	000	BFFB	
	1.684	000	2.414	-0.715	000	000	65.63	000	55.64	BFFB	
MNV3	000	000	2.339	-0.715	-0.715	-2.783	000	000	55.64	BFFB	

Anexo 7

Corte del fichero de datos de la nivelación del polígono Moa Níquel con el nivel DNA03 por el método aEFFE en sentido directo e inverso en un solo horizonte, año 2010.

LEICA Geo Office - [Proyecto Maestría Moa Níquel]

Archivo Importar Editar Ver Herramientas Proc-Nivel Exportar Ventana Ayuda

Id de pu...	Espalda	Frente	Núm. ...	Distancia	Comp...	Dist. t...	Cota	Dif. Cota	N...	Desv. ...	Tipo
<input checked="" type="checkbox"/> MNW-7	1.3005		44	20.75					2	0.0001	Lect. de espalda 1
<input checked="" type="checkbox"/> 42			44		1.16	1366.93	-37.5342	-0.3386			Cota de punto
<input checked="" type="checkbox"/> MNW-7	1.3004		44	20.76					2	0.0000	Lect. de espalda 2
<input checked="" type="checkbox"/> 42		1.6390	44	20.26					2	0.0001	Lect. de frente 2
<input checked="" type="checkbox"/> 42	1.6963		45	26.24					2	0.0001	Lect. de espalda 1
<input checked="" type="checkbox"/> 43		2.1483	45	29.34					2	0.0001	Lect. de frente 1
<input checked="" type="checkbox"/> 43			45		-1.95	1422.51	-37.9862	-0.4520			Cota de punto
<input checked="" type="checkbox"/> 43		2.1483	45	29.34					2	0.0000	Lect. de frente 2
<input checked="" type="checkbox"/> 42	1.6963		45	26.23					2	0.0001	Lect. de espalda 2
<input checked="" type="checkbox"/> 44		2.1692	46	27.98					2	0.0001	Lect. de frente 1
<input checked="" type="checkbox"/> 43	1.7174		46	27.63					3	0.0002	Lect. de espalda 1
<input checked="" type="checkbox"/> 43	1.7173		46	27.63					2	0.0001	Lect. de espalda 2
<input checked="" type="checkbox"/> 44		2.1694	46	27.98					2	0.0001	Lect. de frente 2
<input checked="" type="checkbox"/> 44			46		-2.29	1478.13	-38.4381	-0.4520			Cota de punto
<input checked="" type="checkbox"/> 44	0.8114		47	9.11					2	0.0000	Lect. de espalda 1
<input checked="" type="checkbox"/> 45		2.2219	47	7.52					2	0.0000	Lect. de frente 1
<input checked="" type="checkbox"/> 45		2.2219	47	7.52					2	0.0000	Lect. de frente 2
<input checked="" type="checkbox"/> 45			47		-0.70	1494.76	-39.8487	-1.4106			Cota de punto
<input checked="" type="checkbox"/> 44	0.8114		47	9.12					2	0.0000	Lect. de espalda 2
<input checked="" type="checkbox"/> 46		2.1356	48	7.13					2	0.0000	Lect. de frente 1
<input checked="" type="checkbox"/> 45	0.7251		48	9.51					2	0.0000	Lect. de espalda 1
<input checked="" type="checkbox"/> 46			48		1.68	1511.41	-41.2593	-1.4106			Cota de punto
<input checked="" type="checkbox"/> 45	0.7251		48	9.51					2	0.0000	Lect. de espalda 2
<input checked="" type="checkbox"/> 46		2.1357	48	7.14					3	0.0001	Lect. de frente 2
<input checked="" type="checkbox"/> 46	0.5569		49	17.93					2	0.0000	Lect. de espalda 1
<input checked="" type="checkbox"/> 47		1.9409	49	20.57					3	0.0002	Lect. de frente 1
<input checked="" type="checkbox"/> 47			49		-0.96	1549.91	-42.6433	-1.3840			Cota de punto
<input checked="" type="checkbox"/> 47		1.9409	49	20.57					2	0.0001	Lect. de frente 2
<input checked="" type="checkbox"/> 46	0.5569		49	17.93					2	0.0000	Lect. de espalda 2
<input checked="" type="checkbox"/> 48		1.9453	50	18.74					2	0.0000	Lect. de frente 1
<input checked="" type="checkbox"/> 47	0.5614		50	17.59					2	0.0000	Lect. de espalda 1
<input checked="" type="checkbox"/> 47	0.5614		50	17.60					2	0.0000	Lect. de espalda 2
<input checked="" type="checkbox"/> 48		1.9453	50	18.74					2	0.0000	Lect. de frente 2
<input checked="" type="checkbox"/> 48			50		-2.11	1586.24	-44.0271	-1.3839			Cota de punto
<input checked="" type="checkbox"/> 48	0.7609		51	32.96					2	0.0001	Lect. de espalda 1
<input checked="" type="checkbox"/> MNW-9	2.4112		51	32.24					2	0.0000	Lect. de frente 1

Administrador Herramientas Ver/Editar Proc-GPS Proc-TPS Proc de Nivel Ajuste Puntos Antenas Resultados Lista de códigos

Listo

Anexo 8

Corte del fichero de datos de la nivelación del polígono Moa Níquel con el nivel DNA03 por el método EF en sentido directo, año 2010.

LEICA Geo Office - [Proyecto Maestría Moa Níquel]													
Archivo Importar Editar ver Herramientas Proc.Nive Escorar Ventana Ayuda													
Documentos a...	Trabajos	Id de punto	Espalde	Frete	Núm estación	Distancia	Compensación	Dist. total	Cote	Dif. Cota	Núm. de mediciones	Desv. Est.	Tipo
	Trabajos	✓ MHI							0.700				Cota de nido
	METOD-EFE	✓ MHI	1.2738		1	1.33					2	0.000	lect. de escada
	Jire 001	✓ 1		1.2527	1	12.43					2	0.000	lect. de frente
	Jire 002	✓ 1			1		-1.12	23.75	0.7171	1.0171			Cote de punto
	Jire 003	✓ 1	2.2638		2	14.14					2	0.000	lect. de escada
	METOD-EFFE	✓ 2		0.5225	2	14.34					2	0.000	lect. de frente
	METOD-EFFE-EFFE	✓ 2			2		-1.32	52.25	1.5752	1.5510			Cote de punto
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 2	2.2646		3	14.10					2	0.000	lect. de escada
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 3		0.9127	3	14.07					2	0.000	lect. de frente
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 3			3		-1.27	80.42	2.5320	1.3519			Cote de punto
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 3	2.4639		4	15.25					2	0.000	lect. de escada
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 4		0.7362	4	13.93					2	0.000	lect. de frente
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 4			4		0.05	109.62	4.5627	1.7307			Cote de punto
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 4	2.5658		5	15.97					2	0.000	lect. de escada
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 5		0.5534	5	15.93					2	0.000	lect. de frente
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 5			5		0.12	141.45	6.4341	1.7734			Cote de punto
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 5	2.2907		5	17.98					2	0.000	lect. de escada
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 5		0.6105	5	18.10					2	0.000	lect. de frente
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 5			5		-0.02	177.57	8.1145	1.6204			Cote de punto
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 5	2.4552		7	24.79					2	0.000	lect. de escada
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 7		0.9511	7	25.71					2	0.002	lect. de frente
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 7			7		-0.94	228.07	9.3856	1.4741			Cote de punto
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 7	1.7430		3	29.77					2	0.002	lect. de escada
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 3		1.3551	3	28.25					2	0.000	lect. de frente
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 3			3		0.52	286.05	9.5424	1.3539			Cote de punto
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 3	1.2151		3	26.96					2	0.000	lect. de escada
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 3		1.4104	3	26.15					2	0.000	lect. de frente
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 3			3		1.35	339.22	10.1471	1.2247			Cote de punto
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 3	1.2137		10	28.11					2	0.000	lect. de escada
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 10		0.8505	10	29.07					2	0.000	lect. de frente
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 10			10		0.42	396.35	11.7823	1.9532			Cote de punto
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 10	2.5346		11	21.15					2	0.000	lect. de escada
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 11		0.6255	11	20.51					2	0.000	lect. de frente
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 11			11		1.05	438.04	12.5051	1.7288			Cote de punto
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 11	2.5339		12	16.12					2	0.000	lect. de escada
	METOD-EFFE-EFEB	✓ 12		0.5305	12	15.59					2	0.000	lect. de frente

Anexo 9

Corte del fichero de datos de la nivelación del polígono Moa Níquel con el nivel DNA03 por el método aEF en sentido directo, año 2010.

LEICA Geo Office - [Proyecto Maestría Moa Níquel]													
Archivo Importar Editar Ver Herramientas Proc-Nive Exportar Ventana Ayuda													
Documentos a...	Trabajos	Id de punto	Espalda	Frente	Núm. estación	Distancia	Compensación d. .	Dist. total	Cota	Dif. Cota	Núm. .	Desv. .	Tipo
	Trabajos	<input checked="" type="checkbox"/> MN-H1							0.0000				Cota de inicio
	METOD-EF-EF	<input checked="" type="checkbox"/> MN-H1	1.4416		1	13.77					2	0.0000	Lect. ce espalda :
	METOD-EF-FE	<input checked="" type="checkbox"/> 1		1.2892	1	13.35					2	0.0000	Lect. de frente 1
	Line 001	<input checked="" type="checkbox"/> 1			1		-0.03	27.61	0.:524	0.:524			Cota ce puerto
	Line 002	<input checked="" type="checkbox"/> 2		0.6937	2	10.59					2	0.0000	Lect. de frente 1
	Line 003	<input checked="" type="checkbox"/> 2			2		-0.27	48.80	1.5492	1.3968			Cota ce puerto
	METOD-EFFE-EF	<input checked="" type="checkbox"/> 1	2.0905		2	10.50					2	0.0000	Lect. ce espalda :
	METOD-EFFE-FE	<input checked="" type="checkbox"/> 2	2.2455		3	14.27					2	0.0000	Lect. ce espalda :
	>GEO-M-NIQUEL	<input checked="" type="checkbox"/> 3		0.8829	3	14.27					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 3			3		-0.23	77.34	2.9117	1.3625			Cota ce puerto
		<input checked="" type="checkbox"/> 4		0.8454	4	12.30					3	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 4			4		-0.85	102.30	4.4219	1.5102			Cota ce puerto
		<input checked="" type="checkbox"/> 5	2.3556		4	12.22					2	0.0001	Lect. ce espalda :
		<input checked="" type="checkbox"/> 4	2.4622		5	18.21					2	0.0000	Lect. ce espalda :
		<input checked="" type="checkbox"/> 5		0.4990	5	17.40					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 5			5		-0.05	137.90	6.3851	1.9632			Cota ce puerto
		<input checked="" type="checkbox"/> 6		0.4799	6	22.40					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 6			6		-1.87	180.90	8.3617	1.9766			Cota ce puerto
		<input checked="" type="checkbox"/> 5	2.4564		6	20.58					3	0.0002	Lect. ce espalda :
		<input checked="" type="checkbox"/> 6	2.5598		7	40.57					2	0.0001	Lect. ce espalda :
		<input checked="" type="checkbox"/> 7		0.9563	7	37.54					2	0.0001	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 7			7		1.15	259.27	9.9652	1.6035			Cota ce puerto
		<input checked="" type="checkbox"/> 8		1.3266	8	38.36					2	0.0001	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 8			8		3.75	339.80	10.:765	0.2113			Cota ce puerto
		<input checked="" type="checkbox"/> 7	1.5379		8	41.57					3	0.0002	Lect. ce espalda :
		<input checked="" type="checkbox"/> 8	1.5400		9	33.36					3	0.0002	Lect. ce espalda :
		<input checked="" type="checkbox"/> 9		0.4505	9	36.30					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 9			9		0.82	408.80	11.6660	1.4895			Cota ce puerto
		<input checked="" type="checkbox"/> 10		0.3845	10	20.75					3	0.0002	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 10			10		0.93	450.40	13.7891	2.:231			Cota ce puerto
		<input checked="" type="checkbox"/> 9	2.5076		10	20.36					2	0.0000	Lect. ce espalda :
		<input checked="" type="checkbox"/> 10	2.4173		11	16.35					2	0.0000	Lect. ce espalda :
		<input checked="" type="checkbox"/> 11		0.6907	11	14.55					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 11			11		2.74	48.:37	15.5157	1.7266			Cota ce puerto
		<input checked="" type="checkbox"/> 12		0.4190	12	16.31					3	0.0001	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 12			12		0.17	51.:42	17.3813	1.8656			Cota ce puerto

Anexo 10

Corte del fichero de datos de la nivelación del polígono Moa Níquel con el nivel DNA03 por el método EFFE en sentido directo, año 2010.

LEICA Geo Office - [Proyecto Maestría Moa Níquel]													
Archivo Importar Editar Ver Herramientas Proc-Nivel Exportar Venciana Ayuda													
84													
Documen...	Trabajos	Id de pu...	Espalda	Frente	Nú...	Distancia	Compe...	Dist. total	Cota	Dif. Cota	N...	Desv. ...	Tipo
	Trabajos	<input checked="" type="checkbox"/> MNW-1							0.0000				Cota ce inicio
	+ METOD-EF-EF	<input checked="" type="checkbox"/> MNW-1	0.3350		1	10.32					3	0.0000	Lect. de espalca 1
	+ METOD-EF-FE	<input checked="" type="checkbox"/> 65		2.1611	1	11.42					2	0.0000	Lect. de frente 1
	+ METOD-EFFE-EFFE	<input checked="" type="checkbox"/> 65			1		-1.10	2.74	-1.3261	-1.3261			Cota de punto
	+ Line 001	<input checked="" type="checkbox"/> 65		2.1612	1	11.42					2	0.0000	Lect. de frente 2
	+ Line 002	<input checked="" type="checkbox"/> MNW-1	0.3350		1	10.32					2	0.0000	Lect. de espalca 2
	+ Line 003	<input checked="" type="checkbox"/> 65	0.4460		2	15.67					2	0.0000	Lect. de espalca 1
	+ METOD-EFFE-FEEF	<input checked="" type="checkbox"/> 66		2.2619	2	14.60					2	0.0000	Lect. de frente 1
	+ P-GEO-M-NIQUEL	<input checked="" type="checkbox"/> 66		2.2620	2	14.60					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 66			2		-0.03	52.01	-3.1421	-1.8160			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 65	0.4460		2	15.67					2	0.0000	Lect. de espalca 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 66	1.1059		3	14.81					2	0.0000	Lect. de espalca 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 67		2.5241	3	15.75					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 67			3		-0.97	82.58	-4.5603	-1.4182			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 67		2.5241	3	15.75					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 66	1.1059		3	14.82					2	0.0000	Lect. de espalca 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 67	0.4905		4	17.40					2	0.0000	Lect. de espalca 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 68		2.5280	4	18.02					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 68			4		-1.58	118.00	-6.5978	-2.0375			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 68		2.5279	4	18.02					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 67	0.4904		4	17.40					2	0.0000	Lect. de espalca 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 68	0.7131		5	13.60					2	0.0000	Lect. de espalca 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 69		2.1301	5	11.75					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 69			5		0.27	143.36	-8.0148	-1.4170			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 69		2.1301	5	11.75					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 68	0.7131		5	13.60					2	0.0000	Lect. de espalca 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 69	0.5774		6	15.38					2	0.0000	Lect. de espalca 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 70		2.3562	6	14.33					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 70		2.3562	6	14.33					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 70			6		1.33	173.06	-9.7936	-1.7789			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 69	0.5773		6	15.38					2	0.0000	Lect. de espalca 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 70	0.5693		7	15.01					2	0.0000	Lect. de espalca 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 71		2.5164	7	16.71					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 71			7		-0.37	204.78	-11.6407	-1.8471			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 71		2.5164	7	16.71					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 70	0.5693		7	15.01					2	0.0000	Lect. de espalca 2

Administrador
Herramientas

Ver/Editar Proc-GPS Proc-TPS Proc de Nivel Ajuste Puntos Antenas Resultados Lista de códigos

Explorar

Coords.: 572.3203 m 61.9526 m

Sist. co

Anexo 11

Corte del fichero de datos de la nivelación del polígono Moa Níquel con el nivel DNA03 por el método aEFFE en sentido directo, año 2010.

LEICA Geo Office - [Proyecto Maestría Moa Níquel]													
Archivo Importar Editar Ver Herramientas Proc-Nivel Exportar Ventana Ayuda													
Document...	Trabajos	Id de pu...	Espalda	Frente	Núm. ...	Distancia	Comp...	Dist. t...	Cota	Dif. Cota	N...	Desv. ...	Tipo
	Trabajos	<input checked="" type="checkbox"/> MN14		1.2053	22	4.53					2	0.0000	Lect. de frente 1
	METOD-EF-EF	<input checked="" type="checkbox"/> 21	1.7836		22	4.46					2	0.0000	Lect. de espalda 1
	METOD-EF-FE	<input checked="" type="checkbox"/> MN14			22		-0.59	739.23	30.0805	0.5782			Cota de punto
	METOD-EFFE-EFF	<input checked="" type="checkbox"/> 21	1.7836		22	4.46					2	0.0000	Lect. de espalda 2
	METOD-EFFE-FEE	<input checked="" type="checkbox"/> MN14		1.2053	22	4.52					2	0.0000	Lect. de frente 2
	Line 001	<input checked="" type="checkbox"/> MN14	2.1347		23	16.69					2	0.0000	Lect. de espalda 1
	Line 002	<input checked="" type="checkbox"/> 22		0.5667	23	14.39					2	0.0000	Lect. de frente 1
	Line 003	<input checked="" type="checkbox"/> 22			23		1.73	770.31	31.6485	1.5680			Cota de punto
	P-GEO-M-NIQUEL	<input checked="" type="checkbox"/> 22		0.5667	23	14.39					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> MN14	2.1347		23	16.71					2	0.0000	Lect. de espalda 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 23		0.5657	24	17.35					2	0.0001	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 22	2.5268		24	15.78					2	0.0000	Lect. de espalda 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 22	2.5268		24	15.78					2	0.0000	Lect. de espalda 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 23		0.5657	24	17.34					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 23			24		0.16	803.45	33.6096	1.9611			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 23	2.4053		25	15.39					2	0.0000	Lect. de espalda 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 24		0.6500	25	15.52					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 24		0.6500	25	15.52					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 24			25		0.03	834.36	35.3649	1.7553			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 23	2.4053		25	15.39					2	0.0000	Lect. de espalda 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 25		0.8037	26	12.87					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 24	2.3526		26	14.06					2	0.0000	Lect. de espalda 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 25			26		1.22	861.28	36.9138	1.5489			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 24	2.3526		26	14.06					2	0.0000	Lect. de espalda 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 25		0.8037	26	12.87					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 25	2.3233		27	15.40					2	0.0000	Lect. de espalda 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 26		0.4945	27	15.51					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 26			27		1.10	892.19	38.7426	1.8289			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 26		0.4945	27	15.51					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 25	2.3234		27	15.38					2	0.0000	Lect. de espalda 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 27		0.6143	28	16.15					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 26	2.3029		28	14.20					2	0.0000	Lect. de espalda 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 26	2.3029		28	14.20					2	0.0000	Lect. de espalda 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 27		0.6143	28	16.15					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 27			28		-0.85	922.54	40.4311	1.6885			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 27	2.4108		29	14.86					2	0.0000	Lect. de espalda 1

Anexo 12

Corte del fichero de datos de la nivelación del polígono FERRONIQUEL con el nivel DNA03 por el método EFFE (dos horizontes) en sentido directo, año 2010 ciclo 1.

LEICA Geo Office - [Proyecto Maestría FERRONIQUEL]													
Archivo Importar Editar Ver Herramientas Proc-Nivel Exportar Ventana Ayuda													
Document...	Trabajos	Id de pu...	Espalda	Frente	Núm. ...	Distancia	Comp...	Dist. t...	Cota	Dif. Cota	N...	Desv. ...	Tipo
	Trabajos	<input checked="" type="checkbox"/> PM-4							0.0000				Cota de inicio
	16 9 010	<input checked="" type="checkbox"/> PM-4	1.0281		1	11.53					2	0.0000	Lect. de espalda 1
	Line 001	<input checked="" type="checkbox"/> 1		1.4882	1	10.69					3	0.0000	Lect. de frente 1
	Line 002	<input checked="" type="checkbox"/> 1		1.4956	1	10.67					2	0.0000	Lect. de frente 2
	Line 003	<input checked="" type="checkbox"/> 1			1		0.86	22.22	-0.4600	-0.4600			Cota de punto
	Line 004	<input checked="" type="checkbox"/> PM-4	1.0356		1	11.54					2	0.0000	Lect. de espalda 2
	Line 005	<input checked="" type="checkbox"/> 1	1.5272		2	10.72					2	0.0000	Lect. de espalda 1
	Line 006	<input checked="" type="checkbox"/> 2		2.1802	2	10.82					2	0.0000	Lect. de frente 1
	BASE GEOD	<input checked="" type="checkbox"/> 2		2.1821	2	10.83					2	0.0000	Lect. de frente 2
	DIA 15 NIVEL	<input checked="" type="checkbox"/> 2			2		0.75	43.77	-1.1131	-0.6530			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 1	1.5290		2	10.72					2	0.0000	Lect. de espalda 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 2	0.7944		3	6.75					2	0.0000	Lect. de espalda 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 3		2.3728	3	5.91					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 3		2.3670	3	5.92					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 3			3		1.58	56.42	-2.6914	-1.5783			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 2	0.7887		3	6.74					2	0.0000	Lect. de espalda 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 3	0.6971		4	4.71					2	0.0000	Lect. de espalda 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 4		2.1989	4	4.30					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 4		2.1922	4	4.33					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 4			4		1.96	65.44	-4.1931	-1.5017			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 3	0.6905		4	4.68					2	0.0000	Lect. de espalda 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 4	0.8316		5	4.99					2	0.0000	Lect. de espalda 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 5		2.1519	5	4.97					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 5		2.1432	5	4.98					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 5			5		1.98	75.39	-5.5135	-1.3204			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 4	0.8228		5	4.98					2	0.0000	Lect. de espalda 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 5	0.7744		6	6.69					2	0.0000	Lect. de espalda 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 6		2.1687	6	7.61					3	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 6		2.1631	6	7.63					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 6			6		1.04	89.69	-6.9078	-1.3943			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 5	0.7687		6	6.67					2	0.0000	Lect. de espalda 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 6	0.8399		7	9.67					2	0.0000	Lect. de espalda 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 7		2.5086	7	11.34					2	0.0000	Lect. de frente 1
		<input checked="" type="checkbox"/> 7		2.4097	7	11.43					2	0.0000	Lect. de frente 2
		<input checked="" type="checkbox"/> 7			7		-0.74	110.68	-8.5765	-1.6687			Cota de punto
		<input checked="" type="checkbox"/> 6	0.7410		7	9.54					2	0.0000	Lect. de espalda 2

Listo

Coords.: 786.6578 m 248.4624 m

Anexo 13

Corte del fichero de datos de la nivelación del polígono FERRONIQUEL con el nivel SPRINTER por el método BFFB en sentido directo e inverso, ciclo 2, año 2011.

Moja Nikel 3.ASC - Bloc de notas											
Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda							
PTID	BS_HEIGHT	IS_HEIGHT	FS_HEIGHT	dH	MEAN_dH	RL	BS_DIST	IS_DIST	FS_DIST	TYPE	
MNV10	3.634	000	000	000	000	0.000	24.70	000	000	BFFB	
	3.601	000	1.212	2.422	000	000	24.63	000	24.65	BFFB	
MNV11	000	000	1.180	2.422	2.422	2.422	000	000	24.63	BFFB	
MNV11	3.527	000	000	000	000	2.422	20.23	000	000	BFFB	
	3.538	000	1.525	2.002	000	000	20.26	000	20.24	BFFB	
MNV12	000	000	1.535	2.002	2.002	4.424	000	000	20.32	BFFB	
MNV12	3.772	000	000	000	000	4.424	14.73	000	000	BFFB	
	3.791	000	1.335	2.437	000	000	14.74	000	14.73	BFFB	
MNV13	000	000	1.354	2.437	2.437	6.861	000	000	14.70	BFFB	
MNV13	3.877	000	000	000	000	6.861	21.28	000	000	BFFB	
	3.831	000	1.668	2.209	000	000	21.22	000	21.28	BFFB	
MNV14	000	000	1.622	2.209	2.209	9.070	000	000	21.26	BFFB	
MNV9	3.069	000	000	000	000	0.000	33.40	000	000	BFFB	
	3.082	000	1.306	1.763	000	000	33.44	000	33.42	BFFB	
MNV10	000	000	1.318	1.764	1.763	2.763	000	000	33.39	BFFB	
MNV10	3.738	000	000	000	000	2.763	26.98	000	000	BFFB	
	3.719	000	1.344	2.394	000	000	26.96	000	27.02	BFFB	
MNV11	000	000	1.324	2.395	2.394	4.158	000	000	27.05	BFFB	
MNV11	2.931	000	000	000	000	4.158	15.46	000	000	BFFB	
	2.935	000	2.069	0.861	000	000	15.44	000	15.46	BFFB	
MNV12	000	000	2.074	0.862	0.862	5.019	000	000	15.38	BFFB	
MNV12	2.272	000	000	000	000	5.019	9.97	000	000	BFFB	
	2.285	000	2.441	-0.169	000	000	9.92	000	10.07	BFFB	
MNV13	000	000	2.455	-0.170	-0.170	4.849	000	000	10.04	BFFB	
MNV8	2.732	000	000	000	000	0.000	49.14	000	000	BFFB	
	2.743	000	1.772	0.960	000	000	49.09	000	49.14	BFFB	
MNV9	000	000	1.784	0.959	0.959	0.959	000	000	49.08	BFFB	
MNV9	2.869	000	000	000	000	0.959	53.31	000	000	BFFB	
	2.842	000	2.510	0.360	000	000	53.36	000	53.35	BFFB	
MNV10	000	000	2.484	0.359	0.359	2.318	000	000	53.37	BFFB	
MNV10	2.167	000	000	000	000	2.318	23.53	000	000	BFFB	
	2.173	000	2.947	-0.780	000	000	23.53	000	23.52	BFFB	
MNV11	000	000	2.953	-0.780	-0.780	0.539	000	000	23.51	BFFB	
MNV11	2.678	000	000	000	000	0.539	8.97	000	000	BFFB	
	2.662	000	2.607	0.071	000	000	9.00	000	8.97	BFFB	
MNV12	000	000	2.581	0.071	0.071	0.610	000	000	8.98	BFFB	
MNV5	3.114	000	000	000	000	0.000	27.42	000	000	BFFB	
	3.095	000	2.186	0.927	000	000	27.41	000	27.39	BFFB	
MNV6	000	000	2.188	0.927	0.927	0.927	000	000	27.32	BFFB	
MNV6	2.448	000	000	000	000	0.927	68.07	000	000	BFFB	
	2.458	000	1.833	0.615	000	000	68.11	000	68.01	BFFB	
MNV7	000	000	1.843	0.615	0.615	2.542	000	000	68.11	BFFB	
MNV7	3.422	000	000	000	000	2.542	7.21	000	000	BFFB	
	3.402	000	1.441	1.982	000	000	7.14	000	6.99	BFFB	
MNV8	000	000	1.420	1.982	1.982	3.524	000	000	7.03	BFFB	
MNV8	3.676	000	000	000	000	3.524	7.28	000	000	BFFB	
	3.636	000	1.435	2.241	000	000	7.29	000	7.32	BFFB	
MNV9	000	000	1.395	2.241	2.241	5.765	000	000	7.29	BFFB	
MNV9	3.888	000	000	000	000	5.765	8.31	000	000	BFFB	
	3.895	000	1.436	2.452	000	000	8.38	000	8.38	BFFB	
MNV10	000	000	1.443	2.452	2.452	8.217	000	000	8.39	BFFB	

Anexo 14

Corte de los datos brutos de la nivelación del polígono de FERRONIQUEL con el nivel DNA03 por el método aEFFE (un horizonte) en sentido directo, año 2011 ciclo 3.

LEICA Geo Office - [Proyecto Maestría FERRONIQUEL]

Archivo Importar Editar Ver Herramientas Proc-Nivel Exportar Ventana Ayuda

Id de pu...	Espalca	Frente	Núm. ...	Distancia	Comp...	Dist. t...	Cota	Dif. Cota	N...	Desv. ...	Tipo
<input checked="" type="checkbox"/> FNC-6							0.0000				Cota de inicio
<input checked="" type="checkbox"/> FNC-6	1.0902		1	6.26					2	0.0000	Lect. de espada 1
<input checked="" type="checkbox"/> 1		2.3953	1	5.48					2	0.0000	Lect. de frente 1
<input checked="" type="checkbox"/> 1		2.3953	1	5.48					2	0.0000	Lect. de frente 2
<input checked="" type="checkbox"/> 1			1		0.78	11.73	-1.3091	-1.3091			Cota de punto
<input checked="" type="checkbox"/> FNC-6	1.0902		1	6.26					2	0.0000	Lect. de espada 2
<input checked="" type="checkbox"/> 2		0.7153	2	13.21					2	0.0000	Lect. de frente 1
<input checked="" type="checkbox"/> 1	2.3366		2	11.88					2	0.0000	Lect. de espada 1
<input checked="" type="checkbox"/> 1	2.3366		2	11.88					2	0.0000	Lect. de espada 2
<input checked="" type="checkbox"/> 2		0.7154	2	13.21					2	0.0000	Lect. de frente 2
<input checked="" type="checkbox"/> 2			2		-0.55	36.83	0.3121	1.6212			Cota de punto
<input checked="" type="checkbox"/> 2	2.6070		3	12.30					2	0.0000	Lect. de espada 1
<input checked="" type="checkbox"/> 3		0.8720	3	9.86					2	0.0000	Lect. de frente 1
<input checked="" type="checkbox"/> 3		0.8720	3	9.86					2	0.0000	Lect. de frente 2
<input checked="" type="checkbox"/> 3			3		1.89	58.99	2.0472	1.7350			Cota de punto
<input checked="" type="checkbox"/> 2	2.6071		3	12.30					2	0.0000	Lect. de espada 2
<input checked="" type="checkbox"/> 4		0.7569	4	13.13					2	0.0000	Lect. de frente 1
<input checked="" type="checkbox"/> 3	2.4052		4	13.01					2	0.0000	Lect. de espada 1
<input checked="" type="checkbox"/> 3	2.4052		4	13.01					2	0.0000	Lect. de espada 2
<input checked="" type="checkbox"/> 4		0.7569	4	13.13					2	0.0000	Lect. de frente 2
<input checked="" type="checkbox"/> 4			4		1.77	85.13	3.6935	1.6463			Cota de punto
<input checked="" type="checkbox"/> 4	2.4505		5	10.01					2	0.0000	Lect. de espada 1
<input checked="" type="checkbox"/> 5		0.8263	5	9.33					2	0.0000	Lect. de frente 1
<input checked="" type="checkbox"/> 5		0.8263	5	9.33					2	0.0000	Lect. de frente 2
<input checked="" type="checkbox"/> 5			5		2.45	104.47	5.3158	1.6223			Cota de punto
<input checked="" type="checkbox"/> 4	2.4506		5	10.00					2	0.0000	Lect. de espada 2
<input checked="" type="checkbox"/> 6		0.8422	6	10.37					2	0.0000	Lect. de frente 1
<input checked="" type="checkbox"/> 5	2.1830		6	8.39					2	0.0000	Lect. de espada 1
<input checked="" type="checkbox"/> 5	2.1830		6	8.39					2	0.0000	Lect. de espada 2
<input checked="" type="checkbox"/> 6		0.8421	6	10.37					2	0.0000	Lect. de frente 2
<input checked="" type="checkbox"/> 6			6		0.47	123.23	6.6566	1.3408			Cota de punto
<input checked="" type="checkbox"/> 6	2.3191		7	9.33					2	0.0000	Lect. de espada 1
<input checked="" type="checkbox"/> 7		0.8038	7	10.16					2	0.0000	Lect. de frente 1
<input checked="" type="checkbox"/> 7		0.8038	7	10.16					2	0.0000	Lect. de frente 2
<input checked="" type="checkbox"/> 7			7		-0.36	142.73	8.1718	1.5153			Cota de punto
<input checked="" type="checkbox"/> 6	2.3191		7	9.34					2	0.0000	Lect. de espada 2

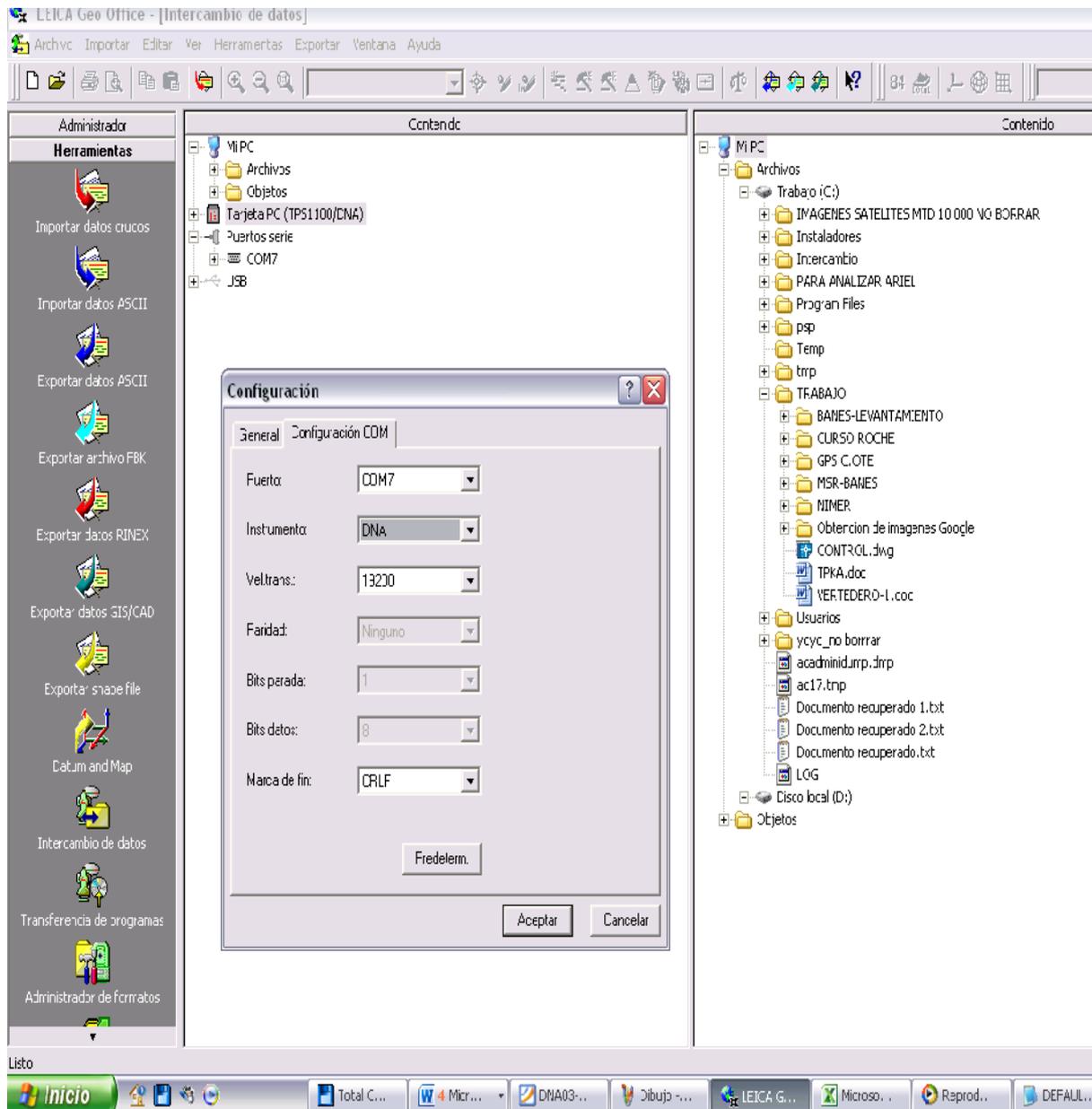
Administrador Herramientas

Ver/Editar Proc-GPS Proc-TPS Proc de Nivel Ajuste Puntos Arsenas Resultados Lista de códigos

Listo Sist.

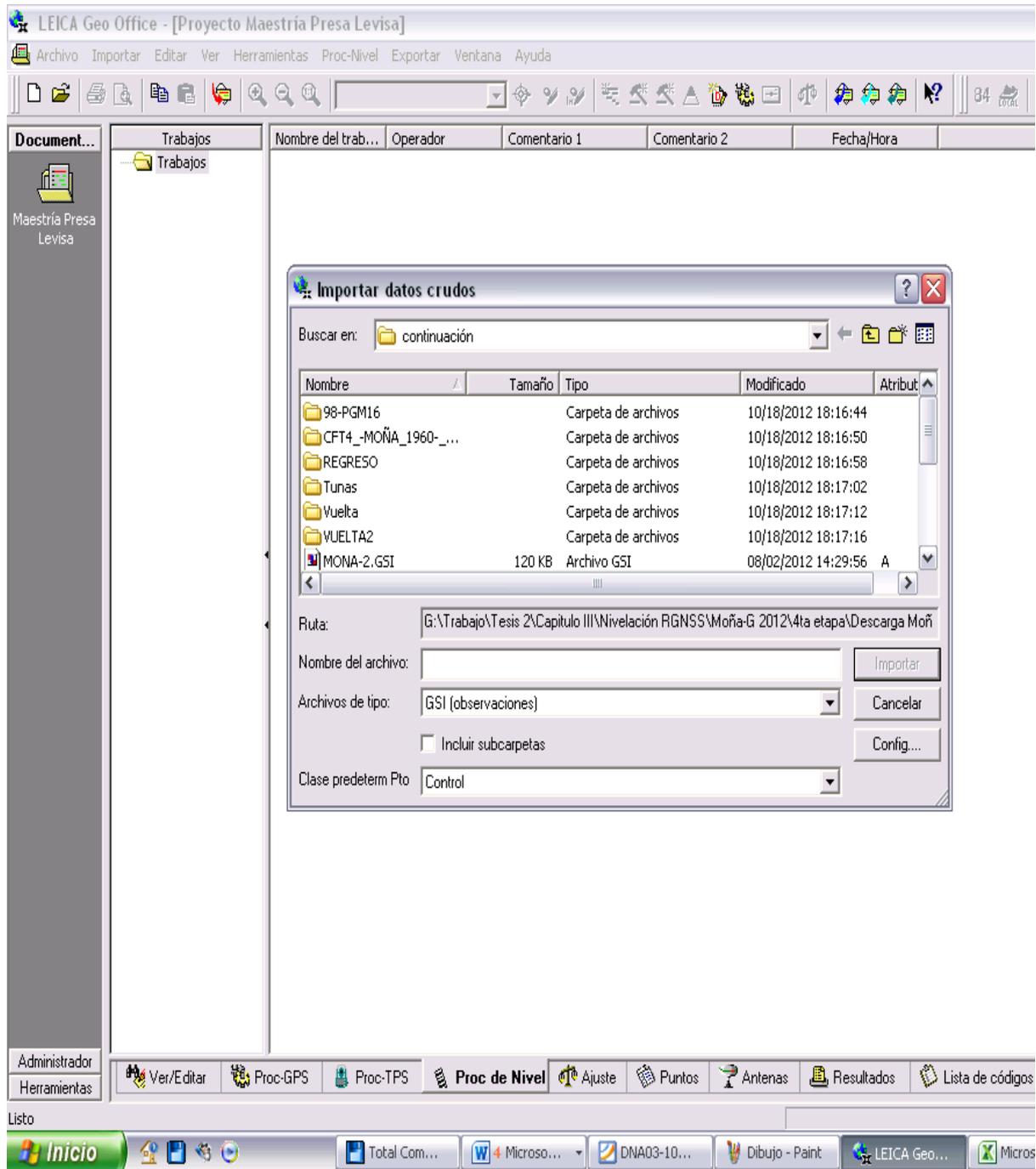
Anexo 15

Ambiente del software Leica Geo Office Combinado V7.0 durante la descarga de datos el nivel.



Anexo 16

Ambiente del software Leica Geo Office Combinado V7.0 en la importación de ficheros en formato GSI.



Anexo 17

Corte de las distancias de la nivelación del polígono Moa Níquel con el nivel SPRINTER por el método EFFE (dos horizontes) en sentido directo, año 2009.

ME_DIST	MF_DIST	Dis Pro ME	Dis Pro MF	Dif Dis PI	Perm
9,50	0	9,50	9,51	-0,01	0,5
9,49	9,53				
0	9,49				
11,26	0	11,25	11,23	0,02	0,5
11,23	11,21				
0	11,25				
42,99	0	43,04	43,09	-0,06	0,5
43,08	43,04				
0	43,14				
20,33	0	20,37	20,38	-0,01	0,5
20,41	20,32				
0	20,43				
18,73	0	18,74	18,72	0,02	0,5
18,74	18,72				
0	18,72				
9,97	0	9,94	10,15	-0,20	0,5
9,91	10,13				Perm
0	10,16	Acumulación			
112,82	113,07	112,82	113,07	-0,25	1,0

ME_DIST	MF_DIST	Dis Pro ME	Dis Pro MF	Dif Dis PI	Perm
20,37	0	20,34	20,31	0,02	0,5
20,3	20,32				
0	20,3				
55,27	0	55,25	55,26	-0,01	0,5
55,23	55,29				
0	55,23	Acumulación			
75,59	75,57	75,59	75,57	0,02	1,0

ME_DIST	MF_DIST	Dis Pro ME	Dis Pro MF	Dif Dis PI	Perm
25,25	0	25,23	25,23	0,00	0,5
25,2	25,26				
0	25,19				
17,43	0	17,47	17,48	-0,01	0,5
17,5	17,41				
0	17,54				
36,15	0	36,17	36,17	0,00	0,5
36,18	36,13				

0	36,2				
48,3	0	48,32	48,31	0,00	0,5
48,33	48,33				
0	48,29	Acumulación			
127,17	127,18	127,17	127,18	-0,01	1,0

ME_DIST	MF_DIST	Dis Pro ME	Dis Pro MF	Dif Dis PI	Perm
49,69	0	49,72	49,67	0,05	0,5
49,74	49,63				
0	49,7				
58,61	0	58,63	58,61	0,02	0,5
58,64	58,6				
0	58,62	Acumulación			
108,34	108,28	108,34	108,28	0,06	1,0

ME_DIST	MF_DIST	Dis Pro ME	Dis Pro MF	Dif Dis PI	Perm
43,37	0	43,39	43,32	0,06	0,5
43,4	43,29				
0	43,35				
61,44	0	61,42	61,41	0,01	0,5
61,39	61,42				
0	61,39				
17,62	0	17,64	17,70	-0,06	0,5
17,66	17,72				
0	17,68				
6,34	0	6,32	6,28	0,04	0,5
6,3	6,3				
0	6,26	Acumulación			
128,76	128,71	128,76	128,71	0,05	1,0

Anexo 18

Análisis de los desniveles medidos con el SPRINTER en el polígono Moa Níquel, del sentido directo, año 2009.

							IDA						
PtID	ME	MF	dH	Des der	Des lzq		PtID	ME	MF	dH	Des der	Des lzq	
MNV-13	3,192	0	0	6,3020	6,3040		MNV-9	3,907	0	0	4,8980	4,8990	
	3,232	1,319	1,872	Dif	Per				3,873	2,196	1,712	Dif	Per
MNV14	0	1,359	1,872	-2,0	0,92	1,38	MNV10	0	2,160	1,713	-1,0	0,73	1,09
MNV14	3,426	0	0				MNV10	3,512	0	0			
	3,454	1,335	2,091					3,49	1,490	2,023			
MNV15	0	1,362	2,092				MNV11	0	1,468	2,023			
MNV15	3,359	0	0				MNV11	3,485	0	0			
	3,372	1,371	1,988					3,508	2,250	1,235			
MNV16	0	1,384	1,989				MNV12	0	2,272	1,235			
MNV16	2,527	0	0				MNV12	2,618	0	0			
	2,551	2,176	0,351					2,631	2,690	-0,072			
MNV-12	0	2,200	0,351				MNV-7	0	2,703	-0,072			

PtID	ME	MF	dH	Des der	Des lzq	
MNV-6	3,695	0	0	10,1300	10,1310	
	3,698	1,145	2,55	Dif	Per	
MNV7	0	1,148	2,55	-1,0	0,88	1,32
MNV7	3,583	0	0			
	3,588	1,284	2,299			
MNV8	0	1,288	2,3			
MNV8	3,909	0	0			
	3,918	1,130	2,779			
MNV9	0	1,139	2,779			
MNV9	3,695	0	0			
	3,7	1,193	2,502			
MNV-5	0	1,198	2,502			

PtID	ME	MF	dH	Des der	Des lzq	
MNV-7	2,609	0	0	3,2470	3,2490	
	2,593	1,971	0,638	Dif	Per	
MNV8	0	1,954	0,639	-2,0	1,07	1,61
MNV8	3,176	0	0			
	3,186	2,311	0,865			
MNV9	0	2,319	0,866			
MNV9	2,751	0	0			
	2,762	1,536	1,215			
MNV10	0	1,547	1,215			
MNV10	2,728	0	0			
	2,726	2,200	0,529			
MNV-4	0	2,197	0,529			

Anexo 19

Corte de las distancias de la nivelación del polígono Moa Níquel con el nivel SPRINTER por el método EFFE (dos horizontes) en sentido inverso, año 2009.

ME_DIST	MF_DIST	Dis Pro ME	Dis Pro MF	Dif Dis PI	Perm.
41,71	0	41,75	41,76	-0,01	0,5
41,78	41,74				
0	41,77				
39,18	0	39,22	39,20	0,02	0,5
39,26	39,18				
0	39,22				
31,20	0	31,19	31,18	0,01	0,5
31,18	31,17				
0	31,19				
40,74	0	40,72	40,70	0,02	0,5
40,69	40,76				
0	40,64				
38,60	0	38,58	38,58	0,00	0,5
38,56	38,57				
0	38,58				
22,56	0	22,53	22,50	0,03	0,5
22,50	22,52				
0	22,48				
37,64	0	37,67	37,65	0,02	0,5
37,69	37,68				
0	37,62				
11,75	0	11,74	11,71	0,03	0,5
11,72	11,70				
0	11,71	Acumulación			
263,38	263,27	263,38	263,27	0,11	1,0

ME_DIST	MF_DIST	Dis Pro ME	Dis Pro MF	Dif Dis PI	Perm.
58,13	0	58,14	58,12	0,02	0,5
58,14	58,13				
0	58,11				
22,62	0	22,58	22,59	-0,01	0,5
22,53	22,61				
0	22,57	Acumulación			
80,71	80,71	80,71	80,71	0,00	1,0

ME_DIST	MF_DIST	Dis Pro ME	Dis Pro MF	Dif Dis PI	Perm.
37,49	0	37,51	37,53	-0,02	0,5
37,52	37,53				
0	37,52				
39,38	0	39,35	39,38	-0,02	0,5

39,32	39,39				
0	39,36				
30,87	0	30,88	30,83	0,05	0,5
30,88	30,84				
0	30,81				
7,65	0	7,64	7,73	-0,10	0,5
7,62	7,74				
0	7,72	Acumulación			
115,37	115,46	115,37	115,46	-0,09	1,0

ME_DIST	MF_DIST	Dis Pro ME	Dis Pro MF	Dif Dis PI	Perm.
24,70	0	24,67	24,64	0,02	0,5
24,63	24,65				
0	24,63				
20,23	0	20,25	20,28	-0,04	0,5
20,26	20,24				
0	20,32				
14,73	0	14,74	14,72	0,02	0,5
14,74	14,73				
0	14,7				
21,28	0	21,25	21,27	-0,02	0,5
21,22	21,28				
0	21,26	Acumulación			
80,90	80,91	80,90	80,91	-0,01	1,0

ME_DIST	MF_DIST	Dis Pro ME	Dis Pro MF	Dif Dis PI	Perm.
33,40	0	33,42	33,41	0,02	0,5
33,44	33,42				
0	33,39				
26,98	0	26,97	27,04	-0,07	0,5
26,96	27,02				
0	27,05				
15,46	0	15,45	15,42	0,03	0,5
15,44	15,46				
0	15,38				
9,97	0	9,95	10,06	-0,11	0,5
9,92	10,07				
0	10,04	Acumulación			
85,79	85,92	85,79	85,92	-0,13	1,0

Anexo 20

Análisis de los desniveles de los horizontes de la nivelación con el SPRINTER en el polígono Moa Níquel, del sentido inverso, año 2009.

VUELTA																				
					ek=2	ek=3						ek=2	ek=3						ek=2	ek=3
PtID	ME	MF	dH	Des der	Des lzq		PtID	ME	MF	dH	Des der	Des lzq		PtID	ME	MF	dH	Des der	Des lzq	
MNV-11	1,138	0	0	-3,1660	-3,1650		MNV-13	2,013	0	0	0,9760	0,9780		MNV-6	3,442	0	0	0,9540	0,9550	
	1,142	2,511	-1,37	Dif	Per			2,021	2,789	-0,78	Dif	Per			3,457	1,975	1,466	Dif	Per	
MNV12	0	2,515	-1,37	-1,0	0,80	1,21	MNV14	0	2,796	-0,78	-2,0	0,90	1,35	MNV7	0	1,99	1,467	-1,0	0,90	1,35
MNV12	1,541	0	0				MNV14	1,997	0	0				MNV7	2,205	0	0			
	1,561	3,334	-1,79					2,009	2,642	-0,65					2,221	2,717	-0,51			
MNV-12	0	3,353	-1,79				MNV15	0	2,653	-0,65				MNH-6	0	2,733	-0,51			
							MNV15	2,284	0	0										
PtID	ME	MF	dH	Des der	Des lzq			2,294	2,434	-0,15				PtID	ME	MF	dH	Des der	Des lzq	
MNV-12	1,173	0	0	-6,3040	-6,3020		MNV16	0	2,444	-0,15				MNV-9	3,069	0	0	4,8490	4,8510	
	1,186	3,643	-2,47	Dif	Per		MNV16	2,248	0	0					3,082	1,306	1,763	Dif	Per	
MNV13	0	3,654	-2,47	-2,0	0,96	1,44		2,275	2,568	-0,32				MNV10	0	1,318	1,764	-2,0	0,83	1,24
MNV13	1,482	0	0				MNV17	0	2,594	-0,32				MNV10	3,738	0	0			
	1,493	3,633	-2,15				MNV17	3,148	0	0					3,719	1,344	2,394			
MNV14	0	3,644	-2,15					3,137	1,852	1,296				MNV11	0	1,324	2,395			
MNV14	1,47	0	0				MNV18	0	1,841	1,296				MNV11	2,931	0	0			
	1,489	3,162	-1,69				MNV18	3,541	0	0					2,935	2,069	0,861			
MNV15	0	3,18	-1,69					3,516	1,97	1,571				MNV12	0	2,074	0,862			
MNV15	2,619	0	0				MNH-1	0	1,945	1,571				MNV12	2,272	0	0			
	2,631	2,61	0,009												2,285	2,441	-0,17			
MNV-13	0	2,622	0,009											MNV-8	0	2,455	-0,17			
PtID	ME	MF	dH	Des der	Des lzq		PtID	ME	MF	dH	Des der	Des lzq		PtID	ME	MF	dH	Des der	Des lzq	
MNV-8	2,732	0	0	0,6110	0,6090		MNV-5	1,561	0	0	-10,1310	-10,1290		MNV-5	3,114	0	0	27,7010	27,6990	
	2,743	1,772	0,96	Dif	Per			1,563	3,487	-1,93	Dif	Per			3,095	2,186	0,927	Dif	Per	
MNV9	0	1,784	0,959	2,0	1,04	1,56	MNV6	0	3,489	-1,93	-2,0	0,96	1,44	MNV6	0	2,168	0,927	2,0	1,42	2,12
MNV9	2,869	0	0				MNV6	1,547	0	0				MNV6	2,448	0	0			
	2,842	2,51	0,36					1,526	3,905	-2,36					2,458	1,833	0,615			

MNV10	0	2,484	0,359				MNV7	0	3,882	-2,36			MNV7	0	1,843	0,615			
MNV10	2,167	0	0				MNV7	1,35	0	0			MNV7	3,422	0	0			
	2,173	2,947	-0,78					1,325	3,761	-2,41				3,402	1,441	1,982			
MNV11	0	2,953	-0,78				MNV8	0	3,736	-2,41			MNV8	0	1,42	1,982			
MNV11	2,678	0	0				MNV8	1,484	0	0			MNV8	3,676	0	0			
	2,662	2,607	0,071					1,472	3,713	-2,23				3,636	1,435	2,241			
MNV-5	0	2,591	0,071				MNV9	0	3,701	-2,23			MNV9	0	1,395	2,241			
							MNV9	1,838	0	0			MNV9	3,888	0	0			
PtID	ME	MF	dH	Des der	Des lzq			1,844	2,894	-1,06				3,895	1,436	2,452			
				-	-														
MNV-3	2,259	0	0	15,522	15,5200		MNV10	0	2,899	-1,06			MNV10	0	1,443	2,452			
	2,266	2,599	-0,34	Dif	Per		MNV10	2,765	0	0			MNV10	3,716	0	0			
MNV4	0	2,607	-0,34	-2,0	1,20	1,80		2,757	2,918	-0,15				3,694	1,398	2,318			
MNV4	2,573	0	0				MNV-6	0	2,91	-0,15			MNV11	0	1,375	2,318			
	2,58	2,992	-0,42										MNV11	3,76	0	0			
MNV5	0	2,998	-0,42				PtID	ME	MF	dH	Des der	Des lzq		3,741	1,43	2,331			
MNV5	1,22	0	0				MNV-2	1,233	0	0	-9,4960	-9,4920	MNV12	0	1,41	2,331			
	1,228	3,444	-2,22					1,22	3,141	-1,91	Dif	Per	MNV12	3,961	0	0			
MNV6	0	3,451	-2,22				MNV3	0	3,127	-1,91	-4,0	1,41	2,12		3,944	1,28	2,681		
MNV6	1,204	0	0				MNV3	1,651	0	0				MNV13	0	1,264	2,681		
	1,194	3,775	-2,57					1,64	3,89	-2,24				MNV13	3,662	0	0		
MNV7	0	3,765	-2,57				MNV4	0	3,879	-2,24					3,653	1,389	2,273		
MNV7	1,245	0	0				MNV4	1,365	0	0				MNV14	0	1,38	2,273		
	1,245	3,872	-2,63					1,369	3,691	-2,33				MNV14	2,647	0	0		
MNV8	0	3,871	-2,63				MNV5	0	3,695	-2,33					2,639	1,911	0,736		
MNV8	1,404	0	0				MNV5	1,438	0	0				MNV15	0	1,904	0,735		
	1,391	3,559	-2,16					1,431	3,813	-2,38				MNV15	3,631	0	0		
MNV9	0	3,546	-2,16				MNV6	0	3,806	-2,38					3,616	1,35	2,281		
MNV9	1,218	0	0				MNV6	1,544	0	0				MNV16	0	1,334	2,281		
	1,226	3,759	-2,54					1,555	2,409	-0,87				MNV16	3,662	0	0		

Anexo 21

Análisis de los desniveles de los sentidos directos e inversos de la nivelación con el SPRINTER en el polígono Moa Níquel, año 2009.

Sección		Dist. m	Cant. PI	Desnivel Ida m	Desnivel Vuelta m	Dif. mm	Permisible	
Desde	Hasta						ek=2 Mm	ek=3 mm
MNH-1	MNV-13	0,23	8	-0,9750	0,9770	2,0	1,0	1,4
MNV-13	MNV-12	0,21	4	6,3030	-6,3030	0,0	0,9	1,4
MNV-12	MNV-11	0,15	2	3,1650	-3,1655	-0,5	0,8	1,2
MNV-11	MNV-10	0,54	8	3,6570	-3,6570	0,0	1,5	2,2
MNV-10	MNH-6	0,25	4	5,3530	-5,3530	0,0	1,0	1,5
MNH-6	MNV-6	0,22	2	-0,9540	0,9545	0,5	0,9	1,4
MNV-6	MNV-5	0,19	6	10,1305	-10,1300	0,5	0,9	1,3
MNV-5	MNV-8	0,26	4	-0,6100	0,6100	0,0	1,0	1,5
MNV-8	MNV-9	0,19	4	-4,8490	4,8500	1,0	0,9	1,3
MNV-9	MNV-10	0,16	4	-9,0700	9,0700	0,0	0,8	1,2
MNV-9	MNV-7	0,13	4	4,8985	-4,8980	0,5	0,7	1,1
MNV-7	MNV-4	0,29	4	3,2480	-3,2480	0,0	1,1	1,6
MNV-4	MNV-3	0,33	10	15,5215	-15,5210	0,5	1,2	1,7
MNV-3	MNV-2	0,42	8	9,4920	-9,4940	-2,0	1,3	1,9
MNV-2	MNV-5	0,50	14	-27,6995	27,7000	0,5	1,4	2,1
MNV-3	MNV-1	0,16	2	2,7830	-2,7820	1,0	0,8	1,2

244		0,8	8051,26						
244	12,71			12,71	11,64	2,14	2		
245	10,57			10,57					
245		2,94	8074,55						
245	10,57								
244	12,71								
246	10,53			12,74	11,63	2,22	2		
245	12,74			10,53					
245	12,74								
246	10,52								
246		5,16	8097,81						
246	5,33			5,33	7,35	-4,05	2		
247	9,37			9,37					
247		1,11	8112,51						
247	9,37								
246	5,32								
248	9,37			5,33	7,35	-4,04	2		
247	5,33			9,37					
247	5,33								
248	9,37								
248		-2,93	8127,21						
248	6,97			6,97	5,86	2,22	2		
249	4,75			4,75					
249		-0,7	8138,93						
249	4,75								
248	6,97								
250	4,81			6,88	5,85	2,07	2		
249	6,88			4,82					
249	6,88								
250	4,82								
250		1,36	8150,63						
250	6,73			6,73	6,91	-0,35	2		
251	7,08			7,08					
251		1,01	8164,44						
251	7,08								
250	6,73								
MNH1	7,29			6,54	6,92	-0,76	2	132,49	-2,47
251	6,54			7,30					-2,79
251	6,54								
MNH1	7,3								
MNH1		0,26	8178,27						

Anexo 23**Análisis de los desniveles de los sentidos directos e inversos de la nivelación con el DNA03 en el polígono Moa Níquel, año 2010.**

Sección		Dist	Cant PI	Horizonte 1	Horizonte 2	Dif.	Perm
Desde	Hasta	m		m	m	mm	mm
MNH-1	MMV-14	0,37	22	30,07875	-30,07890	-0,2	1,8
MMV-14	MNV-1	0,17	12	17,57505	-17,57510	-0,1	1,2
MNV-1	MN-3	0,10	6	-2,77935	2,77980	0,4	0,9
MN-3	MNV-2	0,22	10	9,4963	-9,49645	-0,1	1,4
MNV-2	MNV-5	0,31	26	-27,70035	27,70075	0,4	1,7
MNV-5	MNV-6	0,11	8	-10,1315	10,13170	0,2	1,0
MNV-6	MNH-6	0,09	4	0,95745	-0,95740	0,0	0,9
MNH-6	MNV-10	0,14	8	-5,3509	5,35090	0,0	1,1
MNV-10	MNV-11	0,26	18	-3,65815	3,65885	0,7	1,5
MNV-11	MNV-13	0,15	8	-9,45835	9,45815	-0,2	1,2
MNV-13	MNH1	0,13	8	0,97715	-0,97690	0,3	1,1
MNV3	MNV-4	0,19	16	-15,51820	15,51860	0,4	1,3
MNV-4	MNV-7	0,14	6	-3,2488	3,24880	0,0	1,1
MNV-7	MNV-9	0,09	4	-4,89695	4,89685	-0,1	0,9
MNV-9	MNV10	0,08	6	-9,06825	9,06825	0,0	0,9
MNV9	MNV-8	0,08	6	4,84680	-4,84715	-0,4	0,8
MNV-8	MNV5	0,13	4	0,61250	-0,61270	-0,2	1,1

Anexo 24

Tabla comparativa de los desniveles medidos con los diferentes métodos utilizados.

Sección		Distancia	PI	EF en sentido directo	EF en sentido directo e inverso	aEF en sentido directo	EF en sentido directo e inverso	EFFE en un horizonte en sentido directo	EFFE en un horizonte en sentido directo e inverso	aEFFE en un horizonte en sentido directo	aEFFE en un horizonte en sentido directo e inverso	aEFFE en dos horizontes sentido directo	
Desde	Hasta			1	2	3	4	5	6	7	8	P	
MNV-1	MNV-14	0,32	12	17,57470	17,57460	17,57520	17,57495	17,57480	17,57460	17,57470	17,57450	-17,57508	
MNV-14	MNH-1	0,74	22	30,08230	30,07995	30,08170	30,08065	30,07970	30,07935	30,08050	30,07935	-30,07883	
Diferencias entre Métodos				2-1	3-1	3-2	4-1	4-2	4-3	5-1	5-2		
				mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
				-0,1	0,5	0,6	0,2	0,3	-0,3	0,1	0,2		
				-2,3	-0,6	1,8	-1,6	0,7	-1,0	-2,6	-0,3		
				5-3	5-4	6-1	6-2	6-3	6-4	6-5	7-1		
				-0,4	-0,1	-0,1	0,0	-0,6	-0,4	-0,2	0,0		
				-2,0	-1,0	-3,0	-0,6	-2,4	-1,3	-0,4	-3,0		
				7-2	7-3	7-4	7-5	7-6	8-1	8-2	8-3		
				0,1	-0,5	-0,2	-0,1	0,1	-0,2	-0,1	-0,7		
				0,6	-1,2	-0,2	0,8	1,2	-3,0	-0,6	-2,4		
				8-4	8-5	8-6	8-7	Dist.Prom.	PI Prom.	Perm.Dist	Perm PI		
				-0,4	-0,3	-0,1	-0,2	0,32	12	0,8	1,7		
				-1,3	-0,4	0,0	-1,2	0,74	22	1,3	2,6		
				P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8		
Diferencias con Patrón				-0,4	-0,5	0,1	-0,1	-0,3	-0,5	-0,4	-0,6		
				3,5	1,1	2,9	1,8	0,9	0,5	1,7	0,5		
Permisible				Por Dist		Por PI							
	I Orden			0,8	1,3	1,7	2,6						
	II Orden			2,2	3,5	2,8	4,3						
	III Orden			3,9	6,0	5,2	7,0						
	IV Orden			9,0	13,8	10,4	14,1						

Anexo 25

Corte de las distancias de la nivelación del polígono FERRONIQUEL con el nivel DNA03 por el método aEFFE (dos horizontes) en sentido directo, ciclo 1, año 2010.

				Prom	Dif	Perm	
FNC-2-1							
FNC-2-1	4,06			4,06	4,07	-0,02	4
1	4,08			4,08			
1	4,08						
1		-0,02	8,14				
FNC-2-1	4,06						
1	7,08			6,78	5,93	1,70	4
2	4,78			5,09			
2	5,39						
2		1,67	20,01				
1	6,48						
6	5,97			5,97	6,65	-1,36	4
7	7,33			7,33			
7	7,33						
7		0,28	81,8				
6	5,97						
7	28,94			28,94	28,87	0,14	4
8	28,8			28,80			
8	28,8						
8		0,42	139,54				
7	28,94						
8	28,51			28,52	28,89	-0,73	4
9	29,26			29,26			
9	29,25						
9		-0,31	197,32				
8	28,53						
9	29,6			29,60	29,57	0,07	4
10	29,53			29,53			
10	29,53						
10		-0,24	256,45				
9	29,6						
10	29,04			28,24	27,64	1,19	4
11	26,2			27,05			
11	27,9						
11		0,94	311,73				
10	27,43						
11	29,15			29,28	29,60	-0,64	4
12	30,07			29,92			
12	29,77						
12		0,3	370,93				

11	29,41						
12	28,53			28,53	28,51	0,05	4
13	28,48			28,48			
13	28,48						
13		0,36	427,94				
12	28,53						
20	28,99			28,79	27,60	2,36	4
21	26,2			26,42			
21	26,64						
21		1,59	742,94				
20	28,58						
21	26,59			26,60	26,45	0,30	4
22	26,29			26,30			
22	26,3						
22		1,89	795,84				
21	26,6						
22	25,66			25,66	27,15	-2,97	4
23	28,63			28,63			
23	28,63						
23		-1,08	850,13				
22	25,66						
26	23,54			23,03	16,70	1,79	4
27	20,72			21,24			
27	21,76						
27		1,05	1050,83				
26	22,52						
27	18,44			18,44	14,25	-1,69	4
28	20,13			20,13			
28	20,13						
28		-0,63	1089,4				
27	18,44						
CFT	5,19			5,19	5,44	-0,49	4
PM-4	5,68			5,68			
PM-4	5,68						
PM-4		-0,49	10,87				
CFT	5,19						
			Total	1152,57		-1,03	4

Anexo 26

Corte de las distancias de la nivelación del polígono FERRONIQUEL con el nivel DNA03 por el método aEFFE (un horizontes) en sentido directo, ciclo 3, año 2011.

FNC-2-1				Prom	Dif	Perm
148	27.98			27.98	26.57	2.83 4
147	25.15			25.15		
147	25.15					
148	27.98					
148		-4.07	128.53			
148	46.21			46.21	48.28	-4.15 4
149	50.36			50.36		
149	50.35					
149		-8.22	225.09			
148	46.2					
150	26.07			26.07	29.12	-6.09 4
149	32.16			32.16		
149	32.16					
150	26.07					
150		-2.13	283.32			
152	33.34			33.34	37.28	-7.87 4
151	41.21			41.21		
151	41.21					
152	33.34					
152		3.88	392.87			
152	24.8			24.80	21.98	5.64 4
153	19.16			19.16		
153	19.16					
153		9.52	436.83			
152	24.8					
154	10.58			10.58	7.94	5.28 4
153	5.3			5.30		
153	5.3					
154	10.58					
154		4.23	452.71			
154	4.89			4.89	6.42	-3.05 4
155	7.94			7.94		
155	7.94					
155		1.18	465.53			
154	4.89					
156	7.5			7.50	6.47	2.06 4
155	5.44			5.44		
155	5.44					
156	7.5					

156		-0.88	478.47				
158	9.04			9.04	7.97	2.15	4
157	6.89			6.90			
157	6.9						
158	9.04						
158		-2.91	507.57				
164	13.7			13.71	19.75	-12.10	4
163	25.8			25.80			
163	25.8						
164	13.71						
164		9.9	693.15				
164	34.41			34.42	39.54	-10.24	4
165	44.66			44.66			
165	44.65						
165		-0.35	772.22				
164	34.42						
166	50.32			50.33	48.56	3.54	4
165	46.79			46.79			
165	46.79						
166	50.33						
166		-3.88	869.34				
166	46.86			46.87	43.34	7.06	4
167	39.81			39.82			
167	39.82						
167		3.17	956.02				
166	46.88						
170	5.4			5.40	6.72	-2.63	4
169	8.03			8.03			
169	8.03						
170	5.4						
170		7.05	1004.05				
170	4.28			4.28	7.91	-7.26	4
171	11.53			11.54			
171	11.54						
171		-0.2	1019.87				
170	4.28						
FNC-3		0.46	1027.88		Acumulación	Perm	Cant PI
			Total Dist	1027.91	-31.26		6 33
Can. Dist >80	0		Cant Dif Dist entre 4 y 6		3		33
			Cant Dif Dist entre >6		6		

Anexo 27

Análisis de los desniveles de los horizontes o sentidos directos e inversos de la nivelación con el DNA03 y el SPRINTER en el polígono FERRONIQUEL, ciclo 1, 2 y 3, año 2010 y 2011.

• **Ciclo 1**

Sección		Dist km	PI	Desnivel			Diferencia mm	Permisibles		
Desde	Hasta			1er Horizonte m	2do Horizonte m	Promedio m		ek=3 mm	ek=4 mm	ek=0,9 mm
PM-3	FNC-2-1	0.65	24	-4.1111	-4.1115	-4.11130	0.4	2.43	3.23	4.41
FNC-2-1	PM-2	0.77	26	-12.7626	-12.7636	-12.7631	1	2.64	3.52	4.59
PM-4	FNC-3-1	0.54	22	-1.0653	-1.0647	-1.06500	-0.6	2.20	2.93	4.22
FNC-3-1	FNC-5-1	0.60	24	3.4481	3.4477	3.44790	0.4	2.33	3.11	4.41
FNC-5-1	FNC-6-1	0.62	34	38.2164	38.2162	38.21630	0.2	2.37	3.16	5.25
FNC-6-1	FNC-4-1	1.17	50	7.6528	7.6524	7.65260	0.4	3.24	4.32	6.36
FNC-4-1	PM-4	1.35	60	-48.2504	-48.2510	-48.25070	0.6	3.49	4.65	6.97
FNC-2-1	PM-4	1.15	26	-2.3548	-2.3556	-2.35520	0.8	3.22	4.29	4.59
FNC-3-1	FNC-2-1	1.18	44	3.4196	3.4193	3.41945	0.3	3.26	4.34	5.97
PM-4	PM-3	0.71	16	6.4692	6.4698	6.46950	-0.6	2.52	3.36	3.60

• **Ciclo 2**

Sección		Dist km	PI	Desnivel			Diferencia mm	Perm		
Desde	Hasta			Ida m	Regreso m	Promedio m		ek=3 mm	ek=4 mm	ek=0,9 mm
FNC-4-1	FNC-2-1	2.55	100	-45.8953	45.8953	-45.8953	0.0	4.79	6.39	9.00
FNC-3-1	FNC-5-1	0.65	18	3.4466	-3.4466	3.4466	0.0	2.42	3.22	3.82
FNC-2-1	FNC-3-1	1.30	28	-3.4237	3.4237	-3.4237	0.0	3.42	4.56	4.76
FNC-4-1	FNC-6-1	0.55	16	-7.6554	7.6554	-7.6554	0.0	2.22	2.97	3.60
FNC-6-1	FNC-5-1	0.75	32	-38.2179	38.2179	-38.2179	0.0	2.60	3.46	5.09

• **Ciclo 3**

Sección		Dist km	PI	Desnivel			Diferencia mm	Perm		
Desde	Hasta			1er Horizonte m	2do Horizonte m	Promedio m		ek=3 mm	ek=4 mm	ek=0,7 mm
FNC-6-1	FNC-4-1	0.60	32	7.6523	7.6521	7.65220	0.2	2.3	3.1	4.0
FNC-4-1	FNC-2-1	2.42	110	-48.4365	-48.4382	-48.43735	1.7	4.7	6.2	7.3
FNC-2-1	FNC-3-1	1.03	33	-0.8756	-0.8755	-0.87555	-0.1	3.0	4.1	4.0
FNC-3-1	FNC-5-1	0.58	20	3.4475	3.4475	3.44750	0.0	2.3	3.0	3.1
FNC-2-1	FNC-5-1	1.35	40	2.5721	2.5712	2.57165	0.9	3.5	4.7	4.4
FNC-5-1	FNC-6-1	0.60	32	38.2159	38.2157	38.21580	0.2	2.3	3.1	4.0

Anexo 29

Evaluación de las “d” en la nivelación del polígono geodinámico Moa Níquel, ciclo

2.

Puntos		Diferencias d						Permisibles	
		d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	Para d ₁ , d ₂ y d ₅	Para d ₁ , d ₂ y d ₅
Desde	Hasta	mm	mm						
Polígono 2									
MNV-3	MNV-1	0.3	0.2	0.9	0.4	0.2	0.1	0.3	0.5
MNV-1	MNV-14	0.1	0.1	0.1	-0.1	0.1	-0.1	0.4	0.6
MNV-14	MNH-1	-0.4	-0.5	-1.0	-0.2	-0.4	0.4	0.6	0.9
MNH-1	MNV-13	0.0	0.1	0.3	0.3	0.0	0.1	0.4	0.5
MNV-13	MNV-12								
MNV-12	MNV-11	0.0	0.1	0.0	-0.2	0.1	-0.2	0.4	0.6
MNV-11	MNV-10	0.1	-0.1	0.8	0.7	0.0	0.4	0.5	0.8
MNV-10	MNV-9	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	-0.2	0.3	0.4
MNV-9	MNV-7	0.3	-0.1	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.3	0.4
MNV-7	MNV-4	-0.1	0.3	0.2	0.0	0.1	-0.3	0.4	0.6
MNV-4	MNV-3	0.0	0.1	0.5	0.4	0.0	0.1	0.4	0.7
Polígono 1									
MNV-3	MNV-2	0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.5	0.7
MNV-2	MNV-5	0.5	-0.2	0.6	0.4	0.1	0.5	0.6	0.8
MNV-5	MNV-8	0.1	-0.2	-0.3	-0.2	0.0	0.1	0.4	0.5
MNV-8	MNV-9	-0.2	-0.1	-0.6	-0.4	-0.1	-0.1	0.3	0.4
MNV-9	MNV-7	0.3	-0.1	0.1	-0.1	0.1	0.1	0.3	0.4
MNV-7	MNV-4	-0.1	0.3	0.2	0.0	0.1	-0.3	0.4	0.6
MNV-4	MNV-3	0.0	0.1	0.5	0.4	0.0	0.1	0.4	0.7
Polígono 3									
MNV-10	MNH-6	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.6
MNH-6	MNV-6	-0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	-0.1	0.3	0.4
MNV-6	MNV-5	0.2	0.1	0.5	0.2	0.1	0.0	0.4	0.6
MNV-5	MNV-8	0.1	-0.2	-0.3	-0.2	0.0	0.1	0.4	0.5
MNV-8	MNV-9	-0.2	-0.1	-0.6	-0.4	-0.1	-0.1	0.4	0.7
MNV-9	MNV-10	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.4	0.6