



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO – METALÚRGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ”
FACULTAD DE GEOLOGÍA – MINERÍA
DEPARTAMENTO DE MINERÍA

***INFLUENCIA DE LOS COEFICIENTE DE
CURVATURA Y REFRACCIÓN EN LAS
MEDICIONES TOPOGRÁFICAS MINERAS.***

Tesis en opción al título de Master en Topografía Minera.

Autor: Ing. Walkis Herrera Blanco

Tutor: Dr.C. Orlando Belete Fuentes

**Moa, Octubre 2012
“AÑO 54 DE LA REVOLUCIÓN”**



Declaración de autoridad.

En decisión conjunta, el autor, Ing. Walkis Herrera Blanco y los tutores, Dr.C. Orlando Belete Fuentes, Dr.C. Luis E Acosta González, certificamos nuestra propiedad intelectual en esta tesis con el título “**Influencia de los coeficientes de curvatura y refracción en las mediciones topográficas minera**” a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. “Antonio Núñez Jiménez” de Moa, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

Ing. Walkis Herrera Blanco
CEPRONIQUEL

Ms.C. Olardo Belete Fuentes
ISMMM



Pensamiento.

***“Investigar es encontrar valores, es desarrollar una ética,
una actitud ante la vida, es sembrar sentimientos,
es buscar todo lo que pueda estar en el alma del ser humano.”***

Fidel Castro Ruz.



Agradecimientos.

El presente trabajo contó con la ayuda desinteresada de un gran número personas, Agradezco a todas aquellas personas que hicieron posible la realización y culminación exitosa de este Trabajo de Diploma.

A mi esposa, por todo el apoyo, el esfuerzo y la dedicación incondicional que me brindaron durante mi formación como persona y como profesional. Gracias por estar siempre a mi lado.

A todos mis familiares en especial a mi madre y hermanos por creer siempre en mí y apoyarme en todo momento.

A mis tutores Dr. C. Orlando Belete Fuentes, Dr. C. Luis Acosta González, por brindarme un apoyo constante e incondicional, al personal del departamento de topografía de la CEPRONÍQUEL y a todos aquellos que me ayudaron de una u otra forma a realizar este trabajo.

A todos los profesores del departamento de minería y del ISMM, por su apoyo y contribución en mi formación profesional.

A todos mis amigos, compañeros de aula, y las personas que he conocido en el transcurso de estos dos años y me apoyaron de una u otra forma.

A todos, muchas gracias.



Dedicatoria.

A mis padres, hermano y esposa por ser motivo de inspiración y alentarme día tras día en la realización del trabajo.

A mis amigos y compañeros del grupo y de trabajo por su ayuda incondicional e interés en ver culminada esta maestría.

A nuestra Revolución, por las posibilidades que me ha ofrecido y mantiene ofreciendo para mi superación como profesional.



Resumen

El presente trabajo de tesis titulado “**Influencia de los coeficientes de curvatura y refracción en las mediciones topográficas minera**”, cuenta en su estructura de tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

En el primer capítulo se realizó el estudio del marco teórico-metodológico de la investigación, en el segundo capítulo se realiza un estudio de la caracterización geólogo-minera del área de estudio y en el tercer capítulo se hace un análisis de los factores que inciden en la determinación del coeficiente de curvatura y refracción, en el tercer capítulo Validación del coeficiente de curvatura y refracción.

En el trabajo se exponen los resultados obtenidos en la comparación de las mediciones topográficas con estaciones totales en la red de apoyo para la construcción de la planta de Ferroníquel. Así la determinación de los coeficientes de curvatura y refracción en los yacimientos lateríticos y se realiza la validación del coeficiente de curvatura y refracción mediante los Software topográficos del centro de proyectos de Níquel (Ceproníquel).

Finaliza el presente trabajo presentando con las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.



Abstract

The present titled thesis work "Determination of the bend coefficients and refraction in the locations lateriticos", it counts in their structure of three chapters, conclusions, recommendations, bibliography and annexes.

In the first chapter one carries out the study of the theoretical-methodological mark of the investigation, in the second chapter he/she is carried out an analysis of the factors that impact in the determination of the bend coefficient and refraction, in the third chapter Validation of the bend coefficient and refraction.

In the work the results are exposed obtained in the comparison of the topographical mensurations with total stations in the support net for the construction of the plant of Ferroníquel. This way the determination of the bend coefficients and refraction in the locations lateriticos and he/she is carried out the validation of the bend coefficient and refraction mediante the topographical Software of the center of projects of Nickel (Ceproníquel).

The present work concludes presenting with the conclusions, recommendations, bibliography and annexes.



Índice

No

Pág.

INTRODUCCIÓN

Tema de la investigación.

Problema de la investigación.

Objeto de estudio.

Objetivo general.

Campo de acción.

Hipótesis.

Objetivos específicos.

Tareas de trabajos.

Métodos de investigación.

Actualidad e importancia del tema.

Aportes teóricos.

Aportes prácticos.

Bases teórica.

Bases prácticas.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO- METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1 Introducción.

1.2 Estado actual de la problemática en el mundo.

1.3 Antecedente y actualidad de la temática en Cuba.

1.4 Análisis de la tecnología que permiten aplicar el coeficiente de curvatura y refracción en los yacimientos lateríticos en el municipio.

CAPITULO II: ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE INCEDEN EN LA DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE CURVATURA Y REFRACCIÓN.

2.1 Introducción.

2.2 Breve caracterización física geográfica de la zona de estudio.



- 2.3 Características de los yacimientos pertenecientes a la empresa Pedro Soto Alba.
- 2.4 Características físico geográficas de los yacimientos pertenecientes a la empresa según las concesiones mineras.
- 2.5 Características físico - mecánica de las rocas.
- 2.6 Características hidrogeológicas – medioambientales.
- 2.7 Densificación de la red topográfica para las mediciones experimentales.
- 2.8

CAPITULO III: VALIDACIÓN DEL COEFICIENTE DE CURVATURA Y REFRACCIÓN

- 3.1 Red de apoyo geodésica en el yacimiento
- 3.2 Replanteo del proyecto de rehabilitación
- 3.3 Característica técnica de la tecnología que se propone
- 3.4 Influencia de las pendientes en la rehabilitación de los suelos
- 3.5 Procedimiento para el cálculo de movimiento de tierra

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía



Introducción

El desarrollo científico técnico en materia de instrumentos topográficos aplicados a la minería toma auge en nuestro país a partir del año 1998 con la llegada de las primeras estaciones totales, en nuestro territorio de Moa se comienza aplicar esta tecnología por primera vez en la industria del Níquel Pedroso Alba, posteriormente la industria comandante Ernesto Che Guevara y otras empresa como Ceproniquel.

Las mediciones topográficas con esta nueva tecnología en el laboreo minero están encaminadas a brindar la mayor confiabilidad, precisión y rapidez como apoyo proceso productivo de las industrias del Níquel en el territorio.

En el territorio existen diferentes empresas que prestan servicios topográficos aplicados e la minería como, Geominera de Oriente, Grupo empresarial Geocuba, Ceproniquel, Che Guevara y Pedro Soto Alba.

En el laboreo minero para la extracción y explotación de los yacimientos lateríticos del territorio de Moa avanza aceleradamente hacia la parte Sur del municipio enfrentándose a una topografía compleja con pendientes abrutas y de difícil acceso presente en toda el área del macizo montañoso.

Los coeficientes de curvatura y refracción en los yacimientos lateríticos para la minera es un factor a tener en cuenta para la selección de instrumentos topográficos, confección de redes topográficas como apoyo a los trabajos topográficos aplicados a la minería, cálculo de reserva de mineral, planificación minera, replanteo de trochas, pozos geológicos, redes de perforación, confección de perfiles longitudinales y transversales, diseño de camino minero entre otros.

Situación problemática:

Las mediciones topográficas se han desarrollado en todos los yacimientos de níquel del territorio de Moa sin tener en cuenta los coeficientes de curvatura y refracción en los



yacimientos lateríticos así como para la elaboración de planos mineros que nos brindan la información necesaria para la toma de decisiones en beneficio de los estudios de diferentes yacimientos lateríticos. No existe un análisis de la exactitud en la altimetría en los yacimientos lateríticos para la exploración, explotación geológica y el laboreo minero teniendo en cuenta los coeficientes de curvatura y refracción a partir del empleo de las Estaciones Totales.

Con todos estos elementos, que tienen incidencia en la explotación de los yacimientos lateríticos, se plantea como **problema** de la presente investigación el siguiente:

- La necesidad de determinar los coeficientes de curvatura y refracción en los yacimientos lateríticos.

Como **Objeto de estudio** se establece:

- Los yacimientos lateríticos de la fábrica de Níquel comandante Pedro Soto Alba.

Se define como **Objetivo general**:

- Evaluar los coeficientes de curvatura y refracción en los yacimientos lateríticos.

El **Campo de acción** de la investigación se enmarca en:

- La red topográfica de apoyo para la construcción de la planta de ferroníquel, yacimiento laterítico Moa Occidental perteneciente a la empresa comandante Pedro Soto Alba.

Dado el problema a resolver se plantea la siguiente **Hipótesis**:

- Si se conoce el estado del arte de los coeficientes de curvatura y refracción a nivel nacional e internacional y se analizan los factores que inciden en su determinación, entonces se pueden determinar los coeficientes de curvatura y refracción en los yacimientos lateríticos y su influencia en los trabajos topográficos mineros.

Para cumplir el objetivo general y validar la hipótesis planteada se declaran los siguientes **Objetivos específicos**:



1. Realizar el estado del arte de la problemática en el mundo y en Cuba.
2. Análisis de los factores que inciden en la determinación de los coeficientes de curvatura y refracción.
3. Trabajos de campo para evaluar las mediciones topográficas con estaciones totales y en la red geodésica de apoyo para la construcción de la planta de Ferroníquel y en el yacimiento Camarioca Sur.
4. Cálculo de los coeficientes de curvatura y refracción.
5. Validación del coeficiente de curvatura y refracción.

Aporte teórico.

- Estudio sobre el coeficiente de curvatura y refracción en los yacimientos lateríticos cubanos y su influencia en los trabajos topográficos mineros, donde se consideren los agentes atmosféricos, la altura de los puntos, la pendiente del relieve, el grado de boscosidad y la distancia entre los puntos.

Aportes prácticos

- Valores del coeficiente de refracción y curvatura según la distancia entre puntos.

Los **Métodos de investigación** para dar solución al problema científico empleados son los siguientes:

- **Métodos empíricos** será imprescindible el empleo de la medición. Como técnicas; la observación científica y la entrevista, para el conocimiento de las características fundamentales del objeto.
- **Métodos teóricos** para la interpretación conceptual de los datos empíricos; haciendo uso del análisis y la síntesis en el estudio de las partes del objeto y para comprender su comportamiento como un todo. Dentro de los métodos



teóricos también será necesario la inducción y deducción como procedimiento para pasar de lo conocido a lo desconocido y de lo general a lo particular.

- **El método dialéctico** para conocer las relaciones entre los componentes del objeto.
- **Criterio de expertos:** Fue necesario tener en cuenta el criterio de expertos para valorar las experiencias acumuladas en este campo y el rigor científico a partir del cual aplicarlo.

Actualidad e importancia del tema:

La aplicación de los coeficientes de curvatura y refracción en los yacimientos lateríticos, permite una mejora continua en las determinaciones altimétricas de los puntos de la red de apoyo en la mina, en el desarrollo de la exploración geológica así como en la explotación de los yacimientos lateríticos. Su aplicación en los trabajos topográficos mineros trae consigo avances tecnológicos fundamentalmente en tres aspectos.

- Aumento de la precisión y fiabilidad en la confección de las redes de apoyo topográficas.
- Aumento de la precisión y exactitud en las mediciones con la aplicación de la nueva técnica topográfica.
- Brindar resultados más confiables en la confección de planos topográficos como apoyo a las labores mineras.

Bases teóricas:

1. Estudio y análisis de las normas cubana NC 674-3:2009.
2. Estudio y análisis del catalogo de norma de trabajo frente de proyecto topografía.
3. Estudio y análisis de los manuales de referencia de estación total Sokkia Set 3010.
4. Estudio de las indicaciones técnicas para la nivelación geométrica y trigonométrica.



Bases prácticas:

1. Red topográfica de apoyo de los yacimientos Camarico Sur, camarico Norte y de la construcción de la planta Ferroníquel año 2010.
2. Base de datos topográficas del yacimiento laterítico Moa Occidental.
3. Aplicación del coeficiente de curvatura y refracción mediante los estudios de los Software topográficos de Ceproniquel.



CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO – METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1 Introducción.

El objetivo del capítulo es: Establecer el Marco Teórico-Metodológico de la investigación, a partir del estado del arte del tema, basado en el análisis de los trabajos precedentes, la metodología seguida para su ejecución, así como la base teórica que sustenta la investigación y una caracterización integral del estado actual del objeto de estudio.

En el presente capítulo se realizará el análisis de temas relacionados con el objeto de estudio, lo cual permite detectar de forma preliminar las diferentes características y deficiencias que existen entre las investigaciones realizadas; se introducirán los conceptos necesarios para el desarrollo del trabajo de investigación y experimentación.

Se hace necesario para la comprensión de este trabajo de tesis dar a conocer las definiciones las cuales se relacionan a continuación.

Coficiente: Número convencional que representa el grado o la intensidad de una propiedad o de un fenómeno.

Coficiente de refracción: Es el cambio de la dirección de la luz de un punto a otro al cruzar medios con densidades distintas, estando presentes las condiciones atmosféricas.

Mineral: En términos generales es toda sustancia o compuestos que se encuentra naturalmente con composición bien definida y propiedades físicas determinadas. En sentido más restringido, mineral es para el minero toda sustancia natural valiosa, se utilice o no para la obtención de metales, o el resultado de las operaciones de concentración a que se someten las sustancias extraídas de una explotación minera con objeto de ponerlos en condiciones de ser entregada al mercado. (*ibid*)



Altimetría: La altimetría es la parte de la topografía que engloba todas las operaciones encaminadas a determinar las posiciones de los puntos en la dirección vertical, respecto a un plano de comparación, es decir, a la coordenada Z que no se utiliza en planimetría, parte de la topografía que representa la altitud de un punto o varios sobre la superficie de la tierra o en el espacio.

Redes Topográficas de Apoyo: Consiste todo levantamiento topográfico en trasladar al plano, con su cota, puntos determinados del terreno, partiendo, en planimetría, de una recta escrupulosamente medida orientada que se denomina la base, y en altimetría, tomando como origen un punto cuya altitud sobre nivel medio del mar sea conocida, o al que se le asigne una cota arbitraria, arrastrando esta a los demás puntos previo del cálculo, de los desniveles parciales de uno a otro. (Machaca, 2011)

Estación total (ET): Se denomina estación total a un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico. Algunas de las características que incorpora, y con las cuales no cuentan los teodolitos, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD) de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, (seguidor de trayectoria) y la posibilidad de guardar información en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales. Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculo de acimutes y distancias. (Herrera, 2009)

GPS: Sistema de posicionamiento global.

Sokkia: Compañía Japonesa de construcción de Estaciones Totales.

Software: Son las instrucciones responsables de que el *hardware* (la máquina) realice su tarea. Puede dividirse en varias categorías basadas en el tipo de trabajo realizado. Las dos categorías primarias de *software* son los sistemas operativos (*software* del sistema), que controlan los trabajos del ordenador o computadora, y el *software* de



aplicación, que dirige las distintas tareas para las que se utilizan las computadoras.

Nivel técnico: Instrumento que se usa para comprobar la horizontalidad o verticalidad de un plano y para determinar la diferencia de altura entre dos puntos.

Nivelación geométrica: Es el procedimiento topográfico que nos permite determinar el desnivel entre dos puntos mediante el uso del nivel y miras verticales.

Levantamiento topográfico: Los levantamientos topográficos son tridimensionales y utilizan técnicas de levantamiento geodésico plano y otras especiales para establecer un control tanto vertical como horizontal. La configuración del terreno y de los elementos artificiales o naturales que hay en él se localiza a través de medidas que se representan en una hoja plana para configurar un mapa topográfico. (*ibid*)

Volumen: Del latín *volumen*, el concepto de volumen permite nombrar a la corpulencia o bulto de algo. De esta forma, se refiere a la magnitud física que expresa la extensión de un cuerpo en tres dimensiones (largo, ancho y alto). En el Sistema Internacional, su unidad es el metro cúbico (m^3).

El volumen también es la intensidad del sonido y el cuerpo material de un libro encuadernado. Para la geometría, se trata del espacio ocupado por un cuerpo, mientras que para la numismática, es el grosor de una moneda o una medalla. (Wangdi, 2010)

MDT: Modelo digital del terreno

ONHG: Oficina nacional de hidrografía y geodesia

N.M.M: Nivel medio del mar.

La búsqueda de información sobre trabajos anteriores se canalizó en dos direcciones:

- Estado actual de la problemática en el mundo.
- Antecedentes y actualidad de la temática en Cuba.



1.2 Estado actual de la problemática en el mundo.

De acuerdo a lo planteado por Aróstegui et al., (1978), una investigación científica en cualquier área del conocimiento debe siempre estar sustentada por una investigación empírica y por una investigación teórica, de ahí que sea necesario utilizar los métodos que caracterizan a cada una de ellas para desarrollar científicamente las mismas a partir de una clara caracterización del objeto, del planteamiento del problema, los objetivos, la hipótesis y las tareas.

Para desarrollar la investigación fueron consultados diferentes trabajos y estudios caracterizados para determinación de los coeficientes de curvatura y refracción.

La **ley de Snell** es una fórmula simple utilizada para calcular el ángulo de refracción de la luz al atravesar la superficie de separación entre dos medios de propagación de la luz (o cualquier onda electromagnética) con índice de refracción distinto. El nombre proviene de su descubridor, el matemático holandés Willebrord Snell van Royen (1580-1626). La denominaron "Snell" debido a su apellido pero le pusieron dos "l" por su nombre Willebrord el cual lleva dos "l", (Ver figura 1.1).

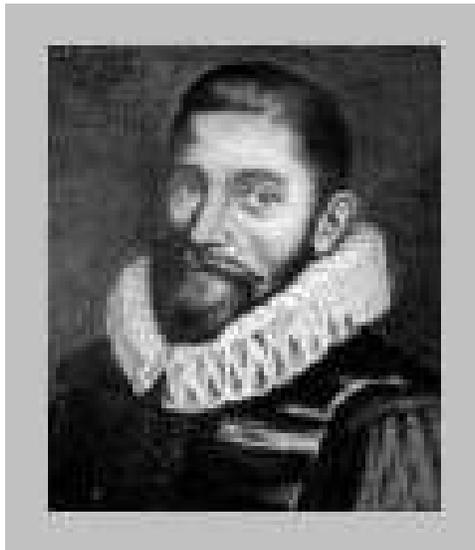


Figura 1.1: Willebrord Snel van Royen (Snell).



La misma afirma que el producto del índice de refracción por el seno del ángulo de incidencia es constante para cualquier rayo de luz incidiendo sobre la superficie separatriz de dos medios. Aunque la ley de Snell fue formulada para explicar los fenómenos de refracción de la luz se puede aplicar a todo tipo de ondas atravesando una superficie de separación entre dos medios en los que la velocidad de propagación de la onda varíe.

La ley de Snell fue descubierta primero por Ibn Sahl en el siglo XIII, que la utilizó para resolver las formas de las lentes anaclástico (las lentes que enfocan la luz con aberraciones geométricas). Fue descubierta otra vez en el siglo XVI y enunciada nuevamente en el siglo XVII, por Willebrord Snell y John Locke. En los países francófonos la ley de Snell se conoce como "segunda ley de contracción.

Según, Porvasnik Alfonz (1984), en su libro de texto cálculos geodésicos tomo1. Los rayos luminosos no atraviesan la atmósfera en línea recta, sino que se refractan a causa de la diferencia en la densidad de las capas de aires.

La densidad de la capas de aires disminuyen con la altura. Si los rayos luminosos pasan de las capas mas densas del aire a las menos densas, los rayos se refractan alejándose de la perpendicular; en el caso contrario, los rayos se refractan, acercándose a la perpendicular. Por la desviación de los rayos luminosos de la visual aumenta el error de refracción; cuanto mas larga sea la visual, tanto mas se refractara el rayo. Por esta causa es necesario considerar la influencia de la refracción el las visuales largas, es decir, mayores de 300m si se quiere obtener mediciones precisa.

El coeficiente de refracción es afectado ligeramente por; la diferencia de altura sobre el nivel del mar, la variación de las horas del día, la presión atmosférica, la presencia de de vegetación u otros elementos que hacen variar la densidad del aire. En el transcurso del día, la refracción es mayor por la mañana, disminuye a mediodía y aumenta nuevamente durante el atardecer. Para los trabajos corrientes de topografía en Europa Central se usa el valor medio del coeficiente de refracción de 0.1316m.



Dominguez García Tejero Francisco (1974), en su libro de texto, Topografía General y Aplicada Plantea que el error de refracción esta presente en las mediciones topográficas siempre que existan condiciones meteorológicas diferentes en el momento que se efectúan las mediciones, motivadas estas por la refracción atmosférica como consecuencia de la distintas densidad de las capas de aires, en general las capas más densas son las más próxima a la tierra y, por eso, el rayo visual se refracta, dando lugar a una línea curva cuya convexidad se dirige hacia el cenit, en España el coeficiente de refracción a penas varia desde las diez de la mañana hasta las tres de la tarde.

López Serafín (1996). Plantea que el coeficiente de refracción utilizado en España es un valor medio de 0.08m, el cual se obtuvo de mediciones experimentales en diferentes periodos de tiempo y condiciones climatológicas, propone calcular el coeficiente de refracción para las diferentes zonas donde el cambio de las condiciones climatológicas como presión, temperatura y humedad cambien frecuentemente en un corto tiempo.

Según, Raymon Davis E. y S. Foote Francisco (1970) en su libro de texto, Tratado de Topografía. Plantean dos fenómenos que inciden negativamente si no se tienen presente en la determinación de las altura aplicando cualquier método planimétrico para la densificación geodésica, 1 el efecto de de la curvatura de la tierra y 2 efecto de la refracción atmosférica sobre las visuales.

La página consultada en Internet <http://www.google.cu> determinación del coeficiente de curvatura y refracción. Se analizan la definición de desnivel como la distancia entre dos líneas de nivel, que como ya sabemos son esféricas y concéntricas a la tierra. Pero para calcular el desnivel entre dos puntos utilizamos la visual horizontal que pasa por el eje óptico de un instrumento topográfico y los coeficientes de curvatura y refracción (Ver figura 1.2). Por tanto, tenemos dos conceptos que debemos unir para poder calcular el desnivel.

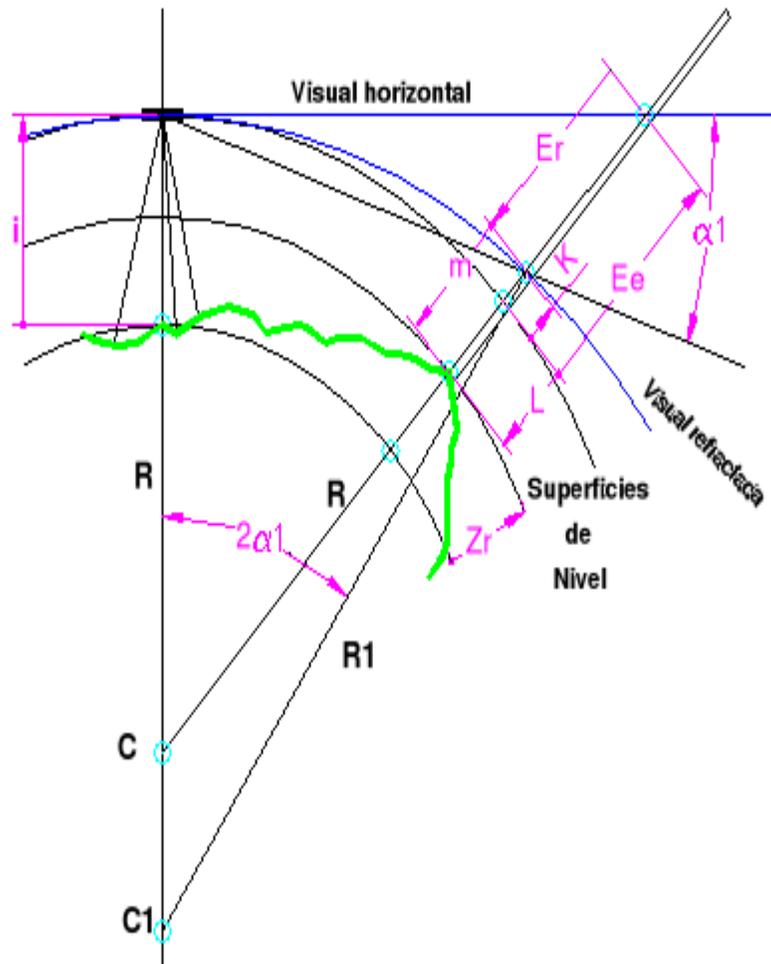


Figura 1.2: Desnivel, errores de esfericidad y refracción, corrección conjunta.

- 1) La línea de nivel que tiene altura constante respecto al nivel medio del mar y que por tanto es una línea curva.
- 2) La línea horizontal que aparentemente coincide con la visual del instrumento y que es tangente a la línea de nivel por ser normal a la vertical del punto. Esta última coincide con la dirección del vector aceleración de la gravedad en dicho punto.

Siendo:

Ee = error de esfericidad.

Er = error de refracción.

K = corrección conjunta esfericidad y refracción.



□ i = ángulo de refracción.

C = centro de la tierra.

C_1 = centro de refracción.

R = radio de la tierra.

R_1 = radio de refracción.

Z_a = Desnivel aparente.

Z_r = desnivel real.

Sabiendo que D es la distancia entre puntos, se puede demostrar que:

$$\begin{aligned} E_e &= \frac{D^2}{2R} \\ E_r &= D^2 K \frac{1}{2R} \\ Z_r &= i - L \\ Z_a &= i - m \\ Z_r &= Z_a + E_e - E_r = i - m + K \\ K &= 6'6 \cdot 10^{-8} D^2 \end{aligned} \quad (1.1)$$

Sustituyendo la distancia entre puntos por unos valores normales en construcción, obtenemos la siguiente tabla:

D	K
100 m	0'6 mm
200 m	2'6 mm
500 m	16'5 mm
1000 m	66 mm

La revista geodesia y aerofotolevantamiento tomo 9, de Dr. A.V.Kondrashkov (1974), plantea que los métodos de alta precisión de mediciones en las deformaciones de las obras ingenieras garantizan la exactitud de las mediciones de los errores que surgen, por la refracción en los resultados de las mediciones geodésicas. Por eso las investigaciones dirigidas a esclarecer el carácter de la influencia de la refracción en los



trabajos geodésicos de alta precisión, representan no solamente un interés teórico, sino también práctico.

Unas de las principales causas de aparición de la refracción es la presencia de los gradientes de temperatura al paso del rayo óptico del instrumento.

Para las mediciones de estos gradientes, el centro de investigaciones geodésicas y ideó un equipo especial, el cual permite medir el gradiente de temperatura con un error de $0^{\circ} 00' 22'' - 0^{\circ} 00' 03''$, con ayuda de este equipo de medición de gradiente térmico se realizaron grandes trabajos experimentales para investigar la refracción lateral. Se estableció que los valores medidos de las correcciones por la refracción en los ángulos horizontales medidos en lugares cerrados son de $0''.45$ y el error de determinación de esta corrección es menor $0''.2$.

En las mediciones lineales la corrección lineal por la refracción lateral puede ser calculada por la siguiente formula:

$$C_{mm} = \frac{0.05 P_m d (s - d)}{(273.2 + t^{\circ} m)^2} V_{tm} \quad (1.2)$$

Donde:

P m = Presión media del aire en un mm de la columna de mercurio.

t° m = Temperatura media del aire.

d = Distancia del instrumento al punto de alineación, para el cual se determina la corrección.

Vt m = Gradiente medio de la temperatura del aire en la dirección perpendicular a la alineación (en grados 1mm).

S = longitud total de la alineación.

Las magnitudes Pm y Tm se determinan con precisión de 2mm en la columna de mercurio.



Muchas investigaciones se han realizado sobre el estudio de la influencia de la refracción vertical en la exactitud de la nivelación geométrica y trigonométrica. Según Kukamioki, la refracción en la nivelación depende solamente del gradiente vertical de temperatura. Por el día de forma negativo, y los rayos visuales se refractan con cero hacia arriba por la noche se obtienen un cuadro inverso. Las condiciones más favorables para las observaciones se consideran aquellas, cuando el gradiente vertical de temperatura no supera $0^{\circ}.2/m$, en condiciones desfavorables el gradiente es de $0^{\circ}.5/m$, el error por refracción con longitudes del rayo visual superior a 30m supera los errores accidentales de la nivelación.

Se ha establecido que las correcciones calculadas por la fórmula de alemán no mejoran los desniveles medidos. Después de introducir las correcciones en los desniveles, determinados por la fórmula de Kukamioki, en el 70% de las casos se obtuvieron resultados de la nivelación más exactas.

La fórmula de Kukamioki para calcular la refracción vertical es:

$$R = A \sum_{v=1}^N X_v S_v \left(\frac{\delta t}{\delta 2} \right) \quad (1.3)$$

Donde:

X_v = Distancia entre los puntos en las cuales se midieron los gradientes de temperatura.

S_v = Distancia del centro del segmento (X_v) hasta la mira.

$\left(\frac{\delta t}{\delta 2} \right)$ = Gradiente vertical de temperatura.

$$A = 10^{-6} \left(\frac{1.116P}{760(1 + 0.00367t)^2} - \frac{0.0002e}{(1 + 0.00367t)^2} \right)$$

Si (t)= +15°, 1= 760mm de la columna de mercurio.

e = 7,7mm en la columna de mercurio, (humedad 60%), entonces A= -1.001*10⁻⁶.



Una serie de trabajos han esclarecido la refracción vertical en la exactitud de la nivelación trigonométrica, como resultado de la investigación se estableció que para una base de 400m con magnitudes de oscilaciones del rayo visual en horas diurnas y nocturnas se refractó -1", a las 9-10 horas del día alcanzó 3-4" en este caso se produjo la congelación del cilindro visor del instrumento.

En días soleados se recomienda medir los ángulos verticales solo por la mañana y después de almuerzo cuando la amplitud de oscilaciones no sobrepase 2,3", en este caso por la mañana es mejor medir las distancias cenitales con rayos visuales de poca altura, y por la tarde con rayos visuales mas altos.

Se investigó la influencia de la refracción en la exactitud en los ejes verticales de una obra en construcción utilizando la plomada P2L, a la altura de 50m, el desplazamiento del eje visual del equipo a causa de la refracción de la proyección de los puntos a través de una altura de 5m alcanzó por el día 5mm, lo que representa en unidades angulares 20".

1.3 Antecedentes y actualidad de la temática en Cuba.

Como temática investigativa, los coeficientes de curvatura y refracción en las labores mineras en Cuba, no han sido lo suficientemente estudiados considerando la importancia que tiene en la planificación minera. Independientemente de esta situación, algunos autores desde diferentes puntos de vista ofrecen una panorámica muy particular en dependencia del tipo instrumentos utilizados en la topografía minera.

Los primeros estudios para la determinación del coeficiente de curvatura y refracción para todo el territorio cubano fueron realizados por los Rusos en el año 1966, a partir de varias mediciones en diferente zonas se estableció 0,42 como coeficiente de



curvatura y refracción para todo el territorio nacional, este coeficiente determinado por los Rusos varia dinámicamente en diferentes zonas de nuestro país.

Según el manual del usuario para los instrumentos Sokkia Set 2000, 3000, 4000, 4000s (1996). Plantea que el software interno del instrumento permite aplicar a las mediciones topográficas en el terreno la corrección atmosférica, esfericidad y refracción, reducción al horizonte, reducción al nivel medio del mar, reducción al elipsoide, factor de escala (Anamorfosis) mediante la siguiente formula:

$$a_2 = a_3 - \frac{(1-k)s^3}{2R} \times \frac{180}{\pi} \quad (1.4)$$

Donde:

K = Coeficiente de refracción terrestre.

R = Es el radio aproximado del esferoide 6.370.000 metros.

S₃= Es la distancia geométrica corregida, donde se aplicaron las correcciones atmosféricas.

a₂ = Corrección por colimación.

a₃ = Ángulo vertical corregido.

El instrumento aplica las correcciones a los ángulos verticales si el campo de corrección de esfericidad y refracción (correc E/F) esta activado cuando se crea el trabajo.

El software Cartomap 6.0 utilizado por el centro de proyecto del Níquel, (Ver figura 1.3) aplica las correcciones de curvatura y refracción a las mediciones realizadas en campo donde no se tuvieron presente las distintas condiciones atmosféricas.

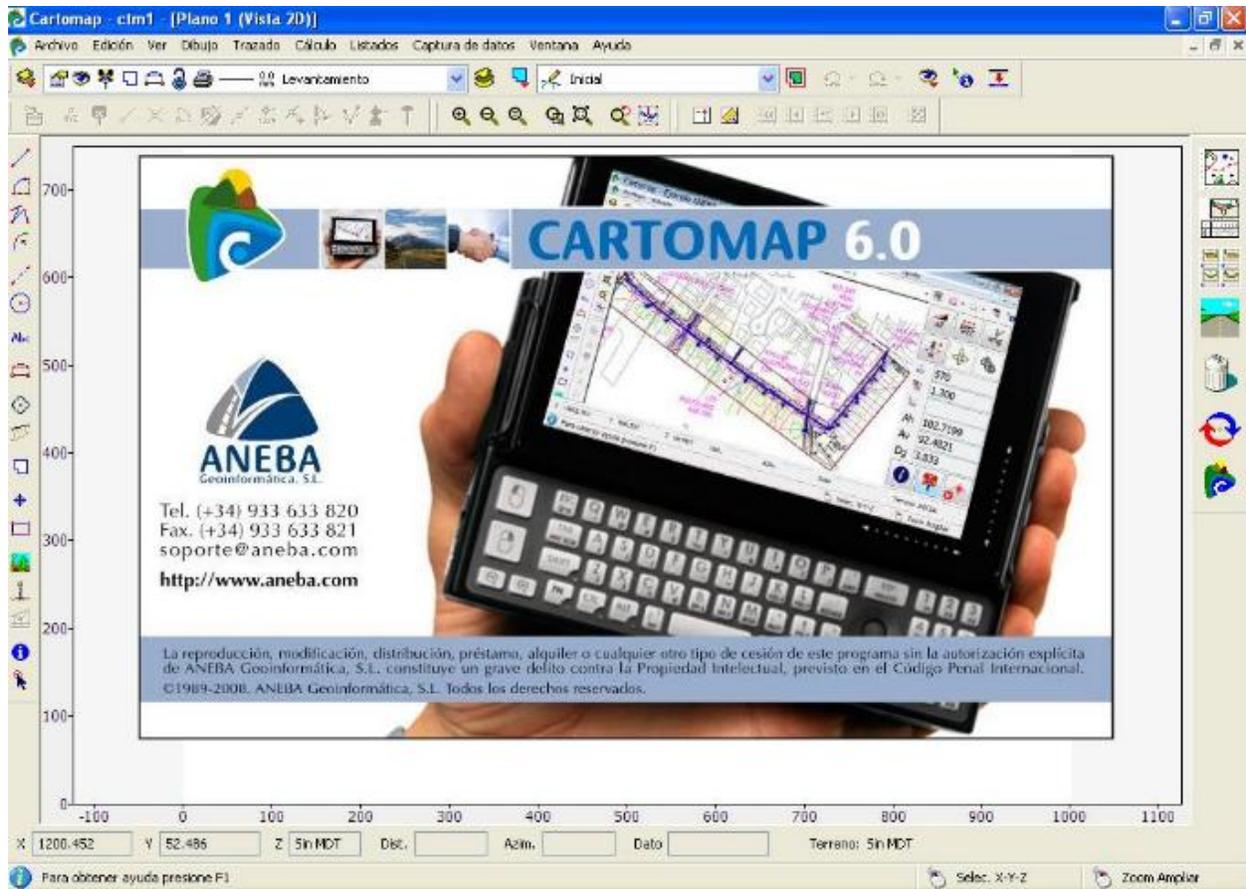


Figura 1.3: Software Cartomap 6.0.

La configuración de las correcciones a aplicar en los datos de campo se realiza desde la ventana **Edición de Correcciones**, a la que se accede pulsando el botón **Correcciones** que aparece en diferentes ventanas de CARTOMAP, dependiendo del camino por el que se acceda a ella, estas correcciones afectarán a todos o parte de los datos de campo contenidos en el proyecto:

Cabecera de proyecto (menú **Edición – Proyecto...**): Las correcciones activadas desde esta ventana afectarán a todos los datos de campo contenidos en el archivo.

Edición de capa (menú **Edición – Capas...** al modificar o añadir una nueva capa se abre la ventana **Edición de capa**): Las correcciones activadas desde esta ventana afectarán a todos los datos de campo contenidos en la capa seleccionada.



Edición de estación (menú **Edición – Levantamiento – Estaciones...** o pulsando **Control+E**, al añadir o modificar una estación se abre la ventana **Edición de estación**): Las correcciones activadas desde esta ventana afectarán a todos los datos de campo tomados desde la estación seleccionada.

Edición de estacionamiento (menú **Edición – Levantamiento – Estacionamientos...**, al añadir o modificar un estacionamiento se abre la ventana **Edición de estacionamiento**): Las correcciones activadas desde esta ventana afectarán únicamente a los datos de campo tomados desde ese estacionamiento.



Figura 1.4: Edición de corrección.

Para activar cualquiera de estas correcciones, pulsar el botón **Editar**, situado junto a cada una de las opciones, en la ventana **Edición de Correcciones**, se abrirá la ventana específica para cada una de ellas en la que se han de introducir/configurar los parámetros para su aplicación. (Ver figura 1.4)

La fórmula utilizada por CARTOMAP para el cálculo de la corrección atmosférica es la siguiente:

$$Dg' = Dg + Dg \left[1R - \left(\frac{C \cdot P}{273.2 + T} \right) \right] \cdot 10^{-6} \quad (1.5)$$

Donde:

Dg' = Distancia geométrica corregida.



Dg = Distancia geométrica original.

IR = Índice refractivo de la portadora del instrumento por defecto 287.96.

C = Constante de la portadora del instrumento por defecto 0.86.

P = Presión atmosférica en mm, de la columna de mercurio por defecto 760.

T = Temperatura seca del aire en grados celsius por defecto 20.

Para activar la corrección **Atmosférica**:

1- Pulsar el botón **Editar**, situado a la derecha de esta opción en la ventana **Edición de correcciones**, se abrirá la ventana **Corrección Atmosférica**. (Ver figura 1.5)

The image shows a software dialog box titled "Corrección Atmosférica". At the top left, there is a checked checkbox labeled "Aplicar la corrección atmosférica". Below this, there are four input fields with their respective labels and values: "Presión atmosférica (en mmHg)" with the value 760.0, "Temperatura seca del aire (en °C)" with the value 20.0, "Índice refractivo de la portadora del aparato" with the value 287.960, and "Constante de la portadora del aparato" with the value 0.860. At the bottom of the dialog, there are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

Figura 1.5: Aplicar la corrección atmosférica.

2- Editar lo valores que se crea oportuno, o dejar los que aparecen por defecto, y pulsar **Aceptar**, la corrección habrá quedado activada.

Para la corrección por curvatura (Esfericidad), y la corrección por refracción el CARTOMAP aplica la siguiente fórmula:

$$Ds' = Ds + \frac{K \cdot Dg^2}{Rt} \quad (1.6)$$

Donde:

Ds' = Desnivel corregido.



Ds = Desnivel original.

K = Coeficiente de refracción por defecto 0.42.

Rt = Radio de la tierra en metros. El valor que aparece por defecto es el del radio del elipsoide seleccionado en la ventana **Preferencias de uso de CARTOMAP/ Elipsoide** (menú **Edición – Preferencias**).

Para activar la corrección de **Esfericidad y Refracción**:

1- Pulsar el botón **Editar**, situado a la derecha de esta opción en la ventana **Edición de correcciones**, se abrirá la ventana **Corrección de Esfericidad y Refracción**. (Ver figura 1.6)

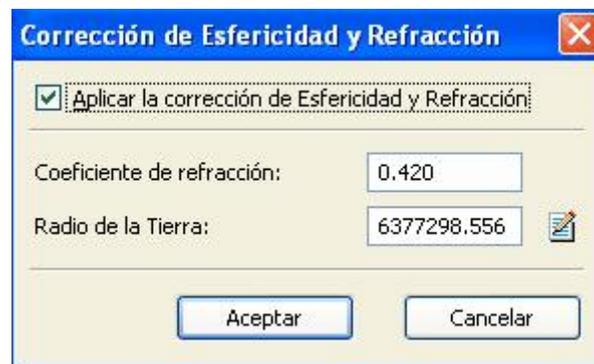


Figura 1.6: Aplicar la corrección de esfericidad y refracción.

2- Comprobar que los valores del coeficiente de refracción y radio de la tierra son los correctos, de no ser así, introducir los nuevos datos. El botón modificar abre la  ventana **Preferencias de uso de CARTOMAP** desde la que se puede cambiar el elipsoide de referencia con lo que el valor del radio de curvatura terrestre tomará el valor de éste.

3- Pulsar **Aceptar**, la corrección se habrá activado.

El software LEICA GEO OFFICE 3.0, (Ver figura 1.7). En la configuración de los parámetros terrestre de ajuste, permite definir el coeficiente de refracción vertical, el cual toma en cuenta la influencia de la refracción sobre los ángulos cenitales. El valor



predeterminado es de 0.13, el cual es un valor típico que puede, sin embargo, ser modificado en caso necesario.

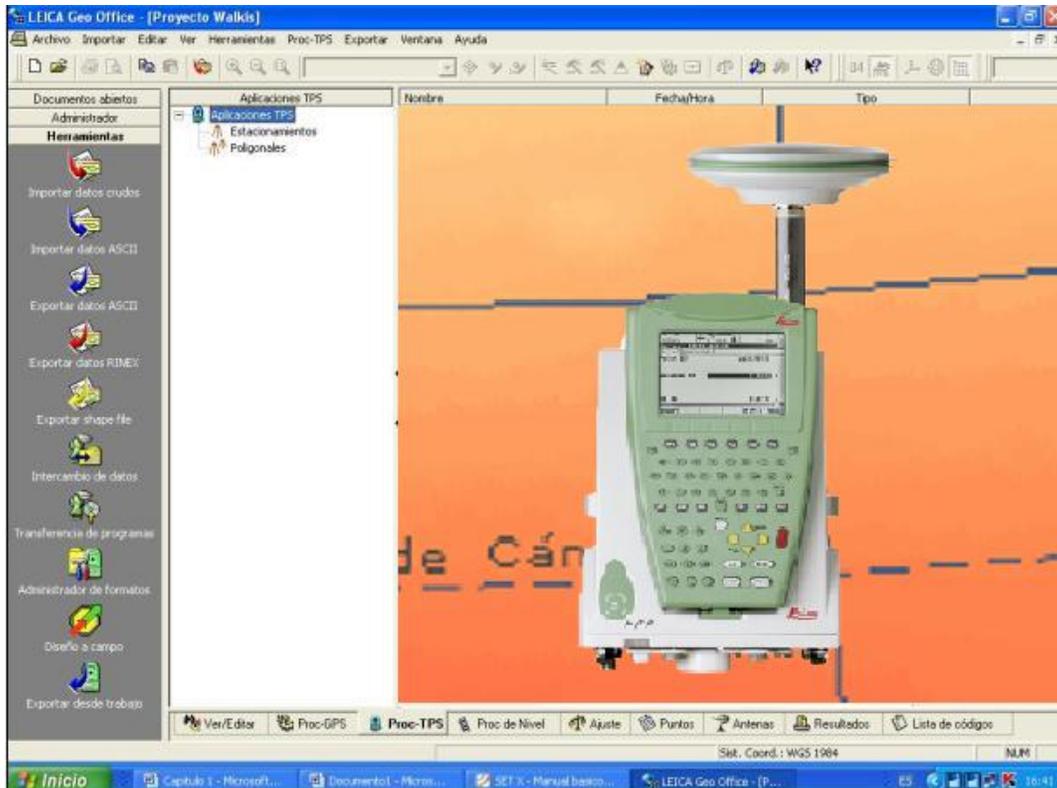


Figura 1.7: Software Leica Geo Office 3.0.

El coeficiente de refracción vertical se aplicará a todas las mediciones de ángulos verticales, deberá emplearse únicamente en aquellas redes de puntos que cubran áreas relativamente pequeñas.

Según el manual del operador para los instrumentos de medición Sokkia Set 1X, 2X, 3X y 5X (2008), plantea que el Setx mide la distancia con un haz de luz, pero la velocidad de dicha luz varía según la atmósfera. Este índice de refracción varía según la temperatura y la presión atmosférica.

Para poder determinar con precisión el factor de corrección atmosférica, hay que tomar la temperatura y la presión atmosférica promedio de todo el trayecto del haz de



medición. Sea muy cuidadoso cuando calcule el factor de corrección en un terreno montañoso, pues la diferencia de altura implica diferentes condiciones atmosféricas entre dos puntos.

El Setx está diseñado de manera que el factor de corrección sea 0 ppm a una presión atmosférica de 1013 hPa y a una temperatura de 15° C.

Al introducir los valores de temperatura y presión atmosférica, el valor de corrección se calcula y se guarda en la memoria del instrumento. Antes de comenzar las mediciones topográficas se configura las condiciones atmosféricas de observación como se muestra. (Ver figura 1.8 y 1.9), la corrección por curvatura y refracción se activan y se desactivan, también permite introducir nuevos valores de coeficiente de curvatura y refracción calculados para una zona específica, el instrumentos aplica 0.142m de coeficiente de curvatura y 0.20m de coeficiente por refracción si esta activado este campo por defecto.



Figura 1.8: Configuración.

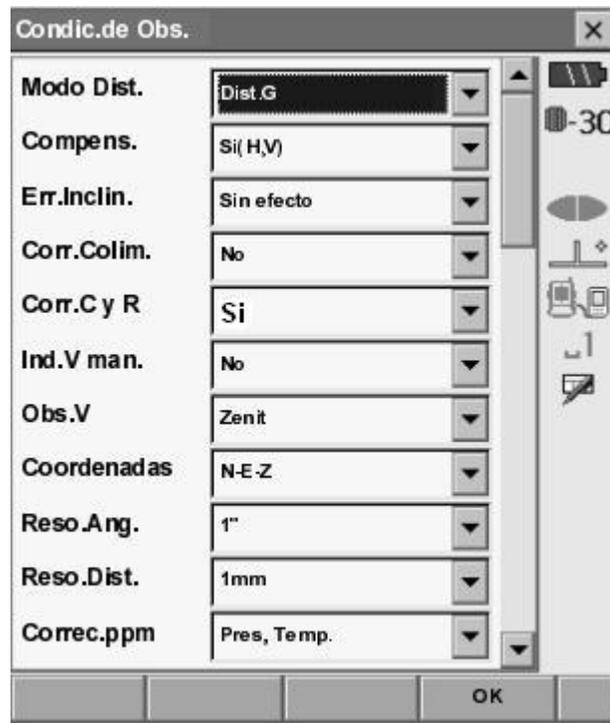


Figura 1.9: Condiciones de observación.

El software Carlson SurCE utilizado FerroniquelmineraS.A (2010), (Ver figura 1.10).

Aplica la corrección por curvatura y refracción a las mediciones crudas (mediciones directamente en campo) realizadas con la Estación Total y el GPS, seleccionando aplicar la corrección, (Ver figura 1.11)

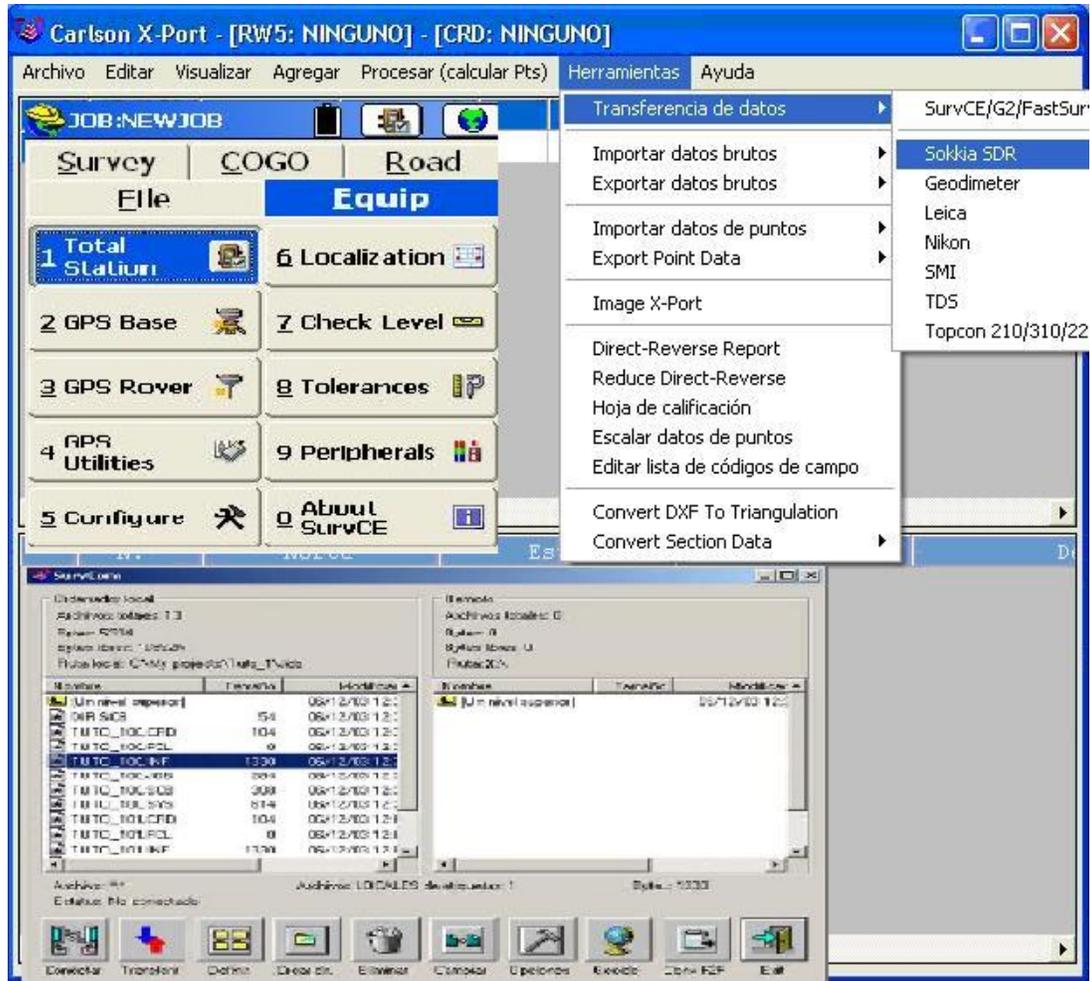


Figura 1.10: Carlson SurCE.

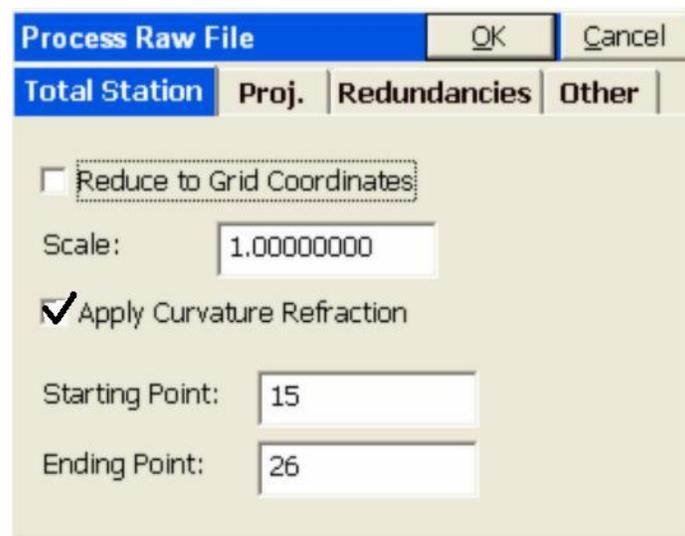


Figura 1.11: Proceso de archivo crudo.



Al activar la etiqueta de aplicar corrección por curvatura y refracción el software aplica dinámicamente la corrección a las mediciones.

Según el manual de empleo para los instrumentos Leica TPS 400 (2002), El producto calcula la distancia geométrica, la distancia horizontal y la diferencia de cotas teniendo en cuenta automáticamente la curvatura terrestre y el coeficiente medio de refracción ($k=0.13$).

El software AUTOCAD CIVIL 3D (2010), (Ver figura 1.12). Aplica las correcciones por curvatura y refracción a la base de datos del levantamiento aplicando la fórmula siguiente:

$$VA = OVA - \left\{ \frac{(1-k) \times SD}{2 \times R} \right\} \quad (1.7)$$

La fórmula calcula el ángulo vertical (en radianes):

Donde:

- **OVA**= Ángulo vertical antiguo (en radianes).
- **VA**=Ángulo vertical (en radianes).
- **SD**= Distancia de talud.
- **R**= Radio esferoide (si se establece un huso de sistema de coordenadas, este valor se obtiene del huso).
- **K**= Coeficiente de refracción.

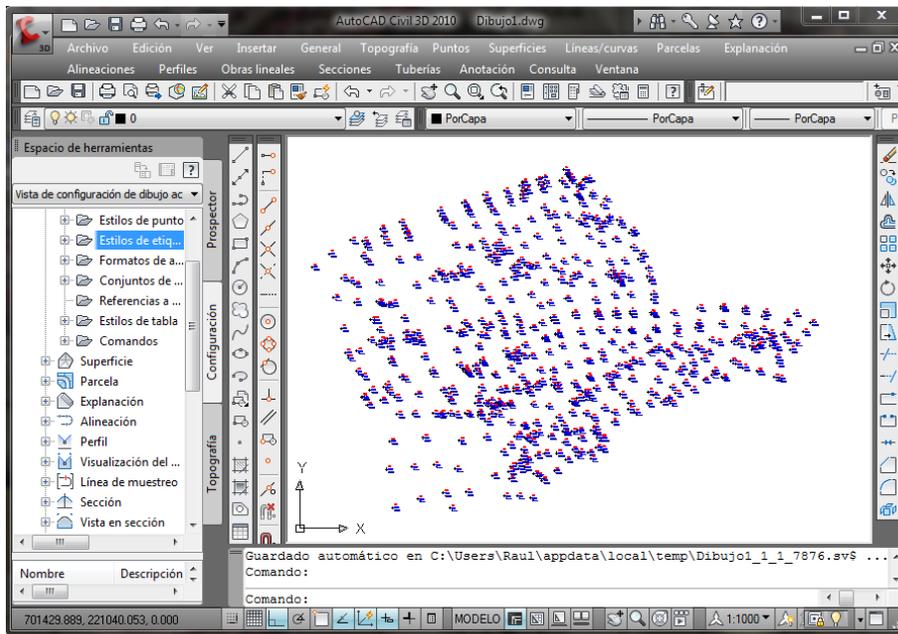


Figura 1.12: Autocad Civil 2010.

Según, Porvasnik Alfonz (1984), en su libro de texto cálculos geodésicos tomo1 página (136), en Cuba es preciso determinar el coeficiente de refracción por la fórmula siguiente:

$$K = 1 - \frac{2r}{d^2_{AB}} \left(H_B - H_A - v d_{AB} \tan \beta + n \right) \quad (1.8)$$

Donde:

r = Radio medio de la tierra.

d = Distancia geométrica entre el punto A y B.

H_B = Altura geométrica del punto B.

H_A = Altura geométrica del punto A.

v = Altura del instrumento.

β = Angulo vertical o distancia cenital.

n = Altura de la señal.

(Ver figura 1.13).

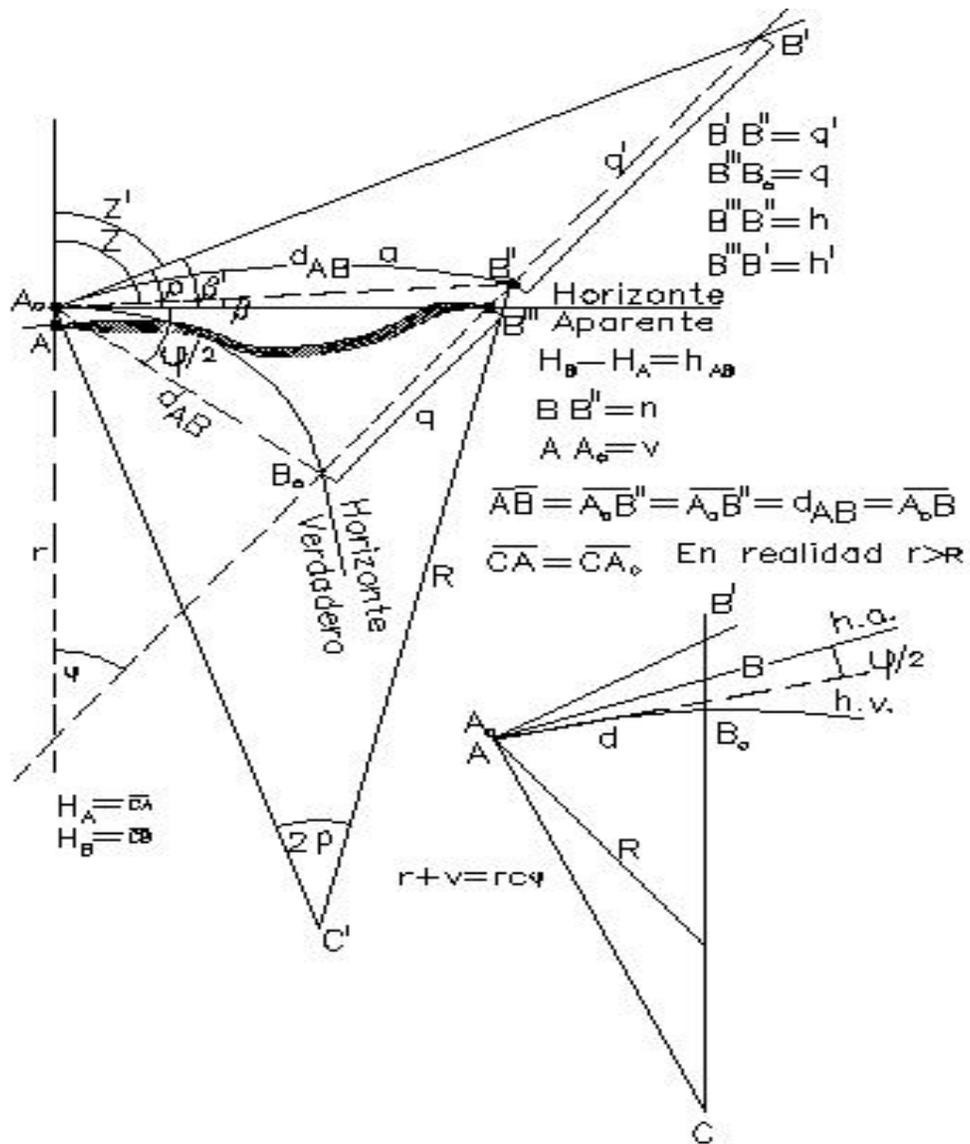


Figura 1.13: Curvatura y refracción.



1.4 Análisis de la tecnología que permiten aplicar el coeficiente de curvatura y refracción en los yacimientos lateríticos.

El empleo de estaciones totales en los yacimientos lateríticos de nuestro municipio comienza a tomar auge a partir del año 1998 con la llegada de las primeras estaciones totales de la serie de Sokkia y Leica.

Comienza después del año 1998 una revolución en el desarrollo de la técnica topográfica en diferentes empresas del Níquel que prestan servicios topográficos para la extracción y explotación de los yacimientos lateríticos de nuestro municipio.

En la tabla 1.1 se realiza un análisis de las estaciones totales por empresas que prestan servicios topográficos en el municipio en las cuales permite configurar la corrección por curvatura y refracción.

En el análisis realizado a las ocho empresas, todas las tecnologías referidas a las estaciones totales que es el instrumento óptico más utilizado a las labores mineras, se configura la corrección por curvatura y refracción antes de realizar las mediciones topográficas.

Tabla 1.1: Análisis de las Estaciones totales por empresas que permiten la configuración corrección por curvatura y refracción.

Empresa	Firma	Serie	Volumen	Configuración del coeficiente de curvatura y refracción.
Ceproniquel.	Sokkia	Set 3x	1	Si
		Set 3010	3	Si
Geominera.	Sokkia	Set 610k	4	Si
		Set 610	4	Si
		Set 3010	1	Si
		Set 3110	1	Si
		Set 650x	3	Si



Fabrica Pedro Soto Alba, Mina.	Sokkia	Set 3010	3	Si
Fabrica Pedro Soto Alba, desarrollo.	Sokkia	Set 5x	1	Si
Ferroniquel-minera.S.A.	Sokkia	Set 3x	2	Si
Fabrica Che Guevara, mina.	Leica	TCR 803 TC 1100	2 1	Si Si
Fabrica Che Guevara, inversiones.	Leica	TCR 802	1	Si
ECRIN.	Leica	TCR 802	1	Si
Geocuba.	Leica	TCR 805	3	Si
REMIN.	Leica	TC 802	1	Si



CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE INCIDEN EN LA DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE CURVATURA Y REFRACCIÓN.

2.1 Introducción.

En este capítulo se realiza el análisis físico geográfico de la zona en estudio, se analizaron los factores meteorológicos que inciden en la determinación del coeficiente de curvatura y refracción como la densidad de la capa de aire, la diferencia de altura sobre el nivel del mar, la variación de las condiciones atmosféricas en diferentes horas del día y la presión atmosféricas.

Se realizaron las mediciones experimentales para la determinación de los coeficientes de curvatura y refracción a partir de los trabajos organizativos, instrumentos utilizados y la red topográfica empleada.

Se determinaron los coeficientes de curvatura y refracción en las mediciones topográficas.

2.2 Breve caracterización física geográfica de la zona de estudio

El área de estudio se encuentra enmarcada dentro del municipio Moa, el cual se ubica hacia el Noroeste de la provincia Holguín, limitando al Norte con el Océano Atlántico, al Sur con el municipio de Yateras, por el Este con el municipio de Baracoa, y al Oeste con los municipios Sagua de Tánamo y Frank País (Ver figura 2.1), (Herrera, 2009).



Figura 2.1: Ubicación geográfica de la zona de estudio.

El relieve predominante es montañoso, principalmente hacia el Sur, donde es más accidentado en la Sierra de Moa, la vegetación está compuesta fundamentalmente por Latifolias. Económicamente, la región está dentro de las más industrializadas del país.

2.3 Factores que inciden en la determinación del coeficiente de curvatura y refracción.

Existen varios factores que inciden en la determinación del coeficiente de curvatura y refracción, con la optimización de estos factores en las mediciones experimentales se logrará un coeficiente con mayor precisión, entre los factores que inciden se destacan los siguientes:

- **Las diferentes densidades de las capas del aire.**

La densidad de las capas de aires disminuyen con la altura. Si los rayos luminosos pasan de las capas mas densas del aire a las menos densas, los rayos se refractan alejándose de la perpendicular; en el caso contrario, los rayos se refractan, acercándose a la perpendicular. Por la desviación de los rayos luminosos de la visual aumenta el error de refracción; cuanto mas larga sea la visual, tanto más se refractará

el rayo. Por esta causa es necesario considerar la influencia de la refracción en las visuales largas, es decir, mayores de 300m si se quiere obtener mediciones precisas.

- **La diferencia de altura sobre el nivel medio del mar.**

La determinación de los desniveles entre un punto y otro, o varios puntos sobre la superficie de la tierra, dan origen a las diferentes alturas sobre el nivel del mar. El cálculo de los desniveles se efectúa considerando la tierra como plana que da origen a una atmósfera real (distancia medida), pero la realidad es otra, la tierra es esférica y la atmósfera es ideal (distancia ideal), por tanto la distancia medida para determinar los desniveles entre los punto describe una línea recta, al proyectarla sobre la superficie de la tierra describe una distancia en forma de arco y es cuando en las mediciones topográficas está presente el error por curvatura (Esfericidad) y el error de refracción, ver figura 2.3.

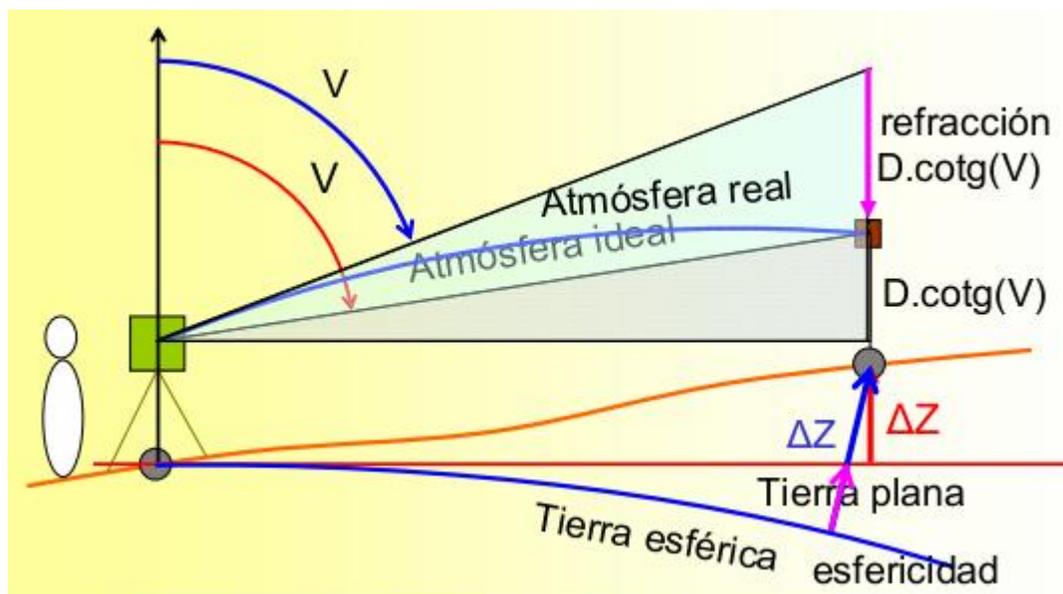


Figura 2.3: Error de curvatura y refracción.

- **La variación las condiciones atmosféricas en diferentes horas del día.**

En las 24 horas del día y fundamentalmente en el horario de la 6.00 am y las 7.00pm que se desarrollan las mediciones topográficas, se aprecia el mayor cambio de las condiciones atmosféricas como temperatura y humedad.



- **La precisión atmosférica.**

Los trabajos topográficos mineros en los yacimientos lateritos se realizan a diferentes alturas sobre el nivel medio del mar, desde 15m hasta más de 1000m, siendo éste un factor a tener en cuenta en las mediciones experimentales, la tabla 2.1 muestra la corrección por presión atmosférica a diferentes alturas sobre el nivel del mar en milímetros en la columna de mercurio.

Tabla 2.1: Corrección por altitud sobre el nivel del mar.

Presión		Altura sobre el nivel del mar	Factor	
Pa	mm Hg		μ	1 : V
10^5	760	0	1	1
0.97×10^5	735	300	0.967	1.034
0.95×10^5	725	400	0.953 5	1.048
0.93×10^5	707	600	0.917 8	1.074
0.9×10^5	691	800	0.862	1.100
0.88×10^5	674	1.000	0.887	1.127
0.83×10^5	632	1.500	0.831 7	1.202
0.78×10^5	596	2.000	0.884	1.275

Otros de los factores ha tener en cuenta en la determinación del coeficiente de curvatura y refracción es la presencia de la vegetación, los errores accidentales introducidos por el instrumentista y los errores propios del instrumento.

2.4 Densificación de la red topográfica para las mediciones experimentales.

La densificación geodésica planimétrica y altimétrica utilizado en la mediciones experimentales de este trabajo fue confeccionada por el grupo empresarial del MINFAR (Geocuba) a partir del año 2010, estableciendo en la zona de trabajo seis puntos de centración forzada denominados FNC-1, FNC-2, FNC-3, FNC-4, FNC-5 y FNC-6 para una precisión de cuarto orden (Ver figura 2.4). Las coordenadas planas rectangulares de los puntos fueron determinados a partir de los puntos de cuarto orden: Libán, Granal, Vigía y 4-856, ubicados en el territorio de Moa.

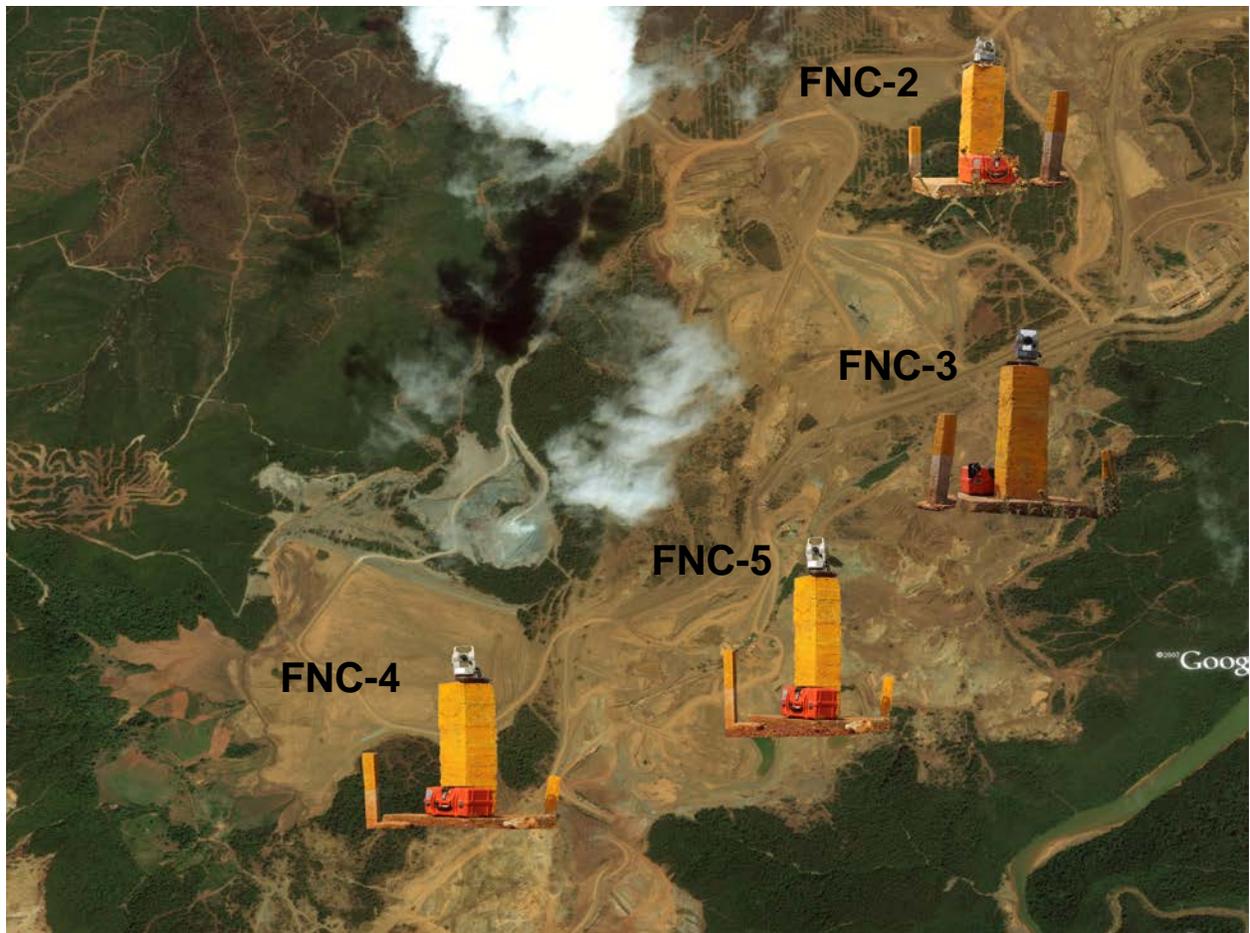


Figura 2.4: Puntos topográficos de centración forzada.

2.5 Trabajos organizativos para las mediciones experimentales.

Antes de realizar las mediciones experimentales para la determinación del coeficiente de curvatura y refracción se planificaron dos etapas de trabajos, en la primera etapa se realizaron la selección de los instrumentos, la organización de la fuerza de trabajo, selección de la zona y puntos topográficos a medir. En la segunda etapa de trabajo se desarrollaron las mediciones de campo y procesamiento de las mediciones.

Con el objetivo de atenuar los errores accidentales y los errores propios del instrumento se verificó y se seleccionó la estación total Sokkia Set 3010 # 22878 calibrada y certificada como apto para el uso por los laboratorios meteorológicos correspondientes



al grupo empresarial Geocuba Holguín, el cual cumple con los parámetros mínimos establecidos en la Tabla 2.2.

Tabla 2.1. Principales requisitos técnicos Estación Total Sokkia Set 3010.

No.	Set 3010# 22878	Parámetros
1	Error en la medida de un ángulo horizontal.	2"
2	Sensibilidad del nivel electrónico.	5"
3	Desviación estándar en la medición de un ángulo horizontal o vertical.	0,4"
4	Desviación estándar en la medición de una distancia.	0,0010 m.
5	Error en la medida normal de una distancia.	2 mm + 2 ppm
7	Alcance máximo con un solo prisma en condiciones desfavorables.	Hasta 1500 m.

Las mediciones topográficas se desarrollaron por la comisión #1 integrada por un especialista (A), un especialista (B), un especialista (C) y el chofer, la zona de trabajo seleccionada fue la red de apoyo topográfica para la construcción de la planta de Ferroniquelminera.S.A.

2.6 Mediciones experimentales.

En la segunda etapa de trabajo se realizaron las mediciones experimentales de campo, la cual se midieron en un periodo de un año comprendida desde el 10 de Abril del 2011 hasta 10 Abril del 2012, en cada mes se realizaron tres ciclos de medición en diferentes horarios y en diferente condiciones atmosféricas, en cada ciclo de medición se tomaron los datos de temperatura, humedad , presión, hora de la medición, se tuvo en cuenta realizar las mediciones en condiciones atmosféricas favorables y desfavorables .



Los ciclos de medición se realizaron los días 10, 20 y 30 de cada mes para un total de tres ciclos por mes, promediando las variables meteorológicas: temperatura, humedad y presión, ver anexo1, las variables se determinaron con los siguientes instrumentos: la temperatura con el termómetro digital para temperaturas entre -55°C y $+148^{\circ}\text{C}$ ver Figura 2.5, la humedad con el hidrómetro ver Figura 2.6 y la presión con el barómetro digital ver Figura 2.7.



Figura 2.5: Termómetro digital.

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Figura 2.6: Barómetro.



Figura 2.7: Barómetro digital.

Las mediciones topográficas: distancia horizontal, ángulo vertical, altura del instrumento y altura de la señal, se realizaron en el mismo periodo y cantidad de ciclo que las mediciones de las variables meteorológicas, promediando cada medición por ciclo, (ver anexos 2, 3 y 4), realizando cinco mediciones, se desarrolló cinco mediciones simultáneas recíprocas desde el punto FNC-3 al punto FNC-5 a una distancia aproximada a 449m con 0,76 % de pendiente (ver figura 2.8), desde el punto FNC-3 al punto FNC-2 a una distancia aproximada a 950m con 0,38 % de pendiente, (ver figura 2.9) y desde el punto FNC-3 al FNC-4 a una distancia aproximada de 1213m con 4 % de pendiente, (ver figura 2.10).

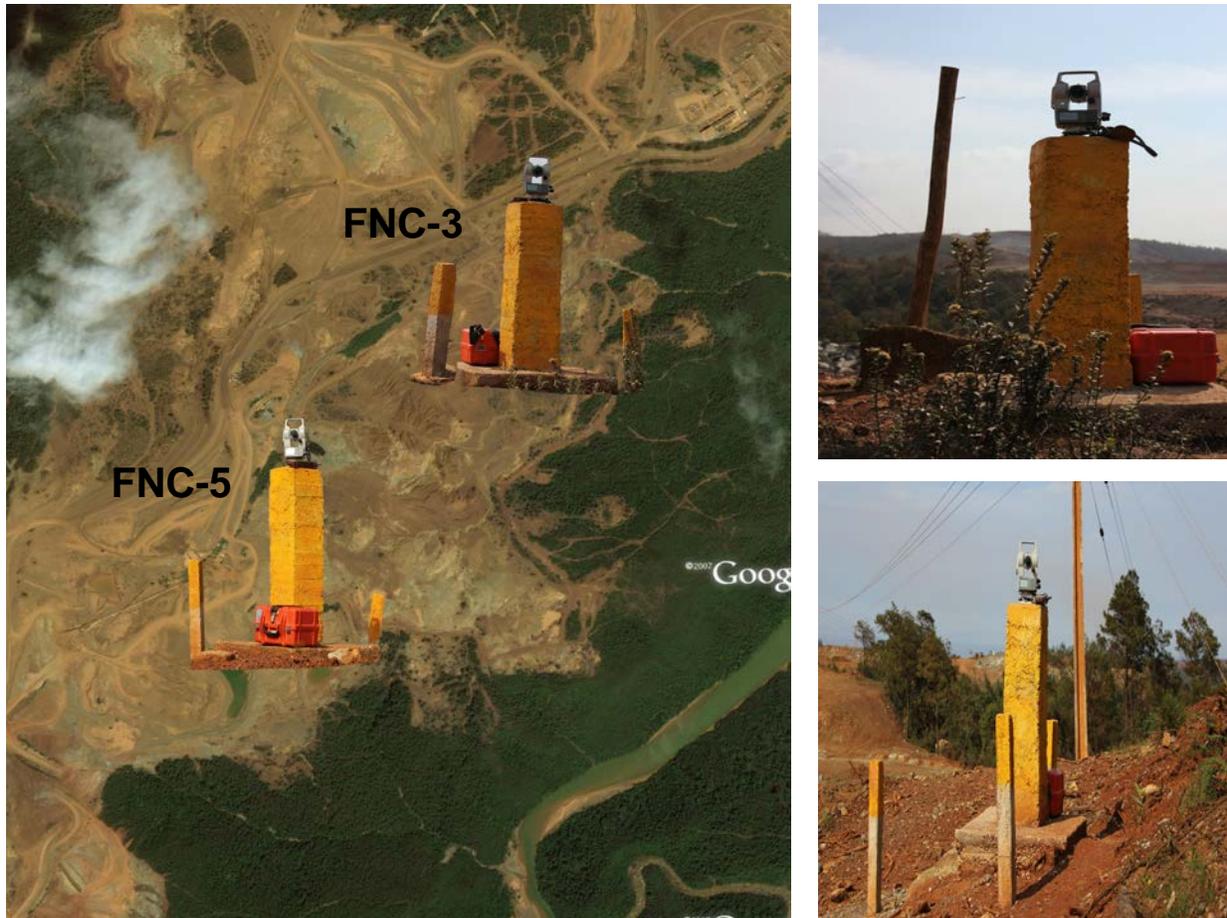


Figura 2.8: Mediciones recíprocas entre los puntos FNC-3 y FNC-5

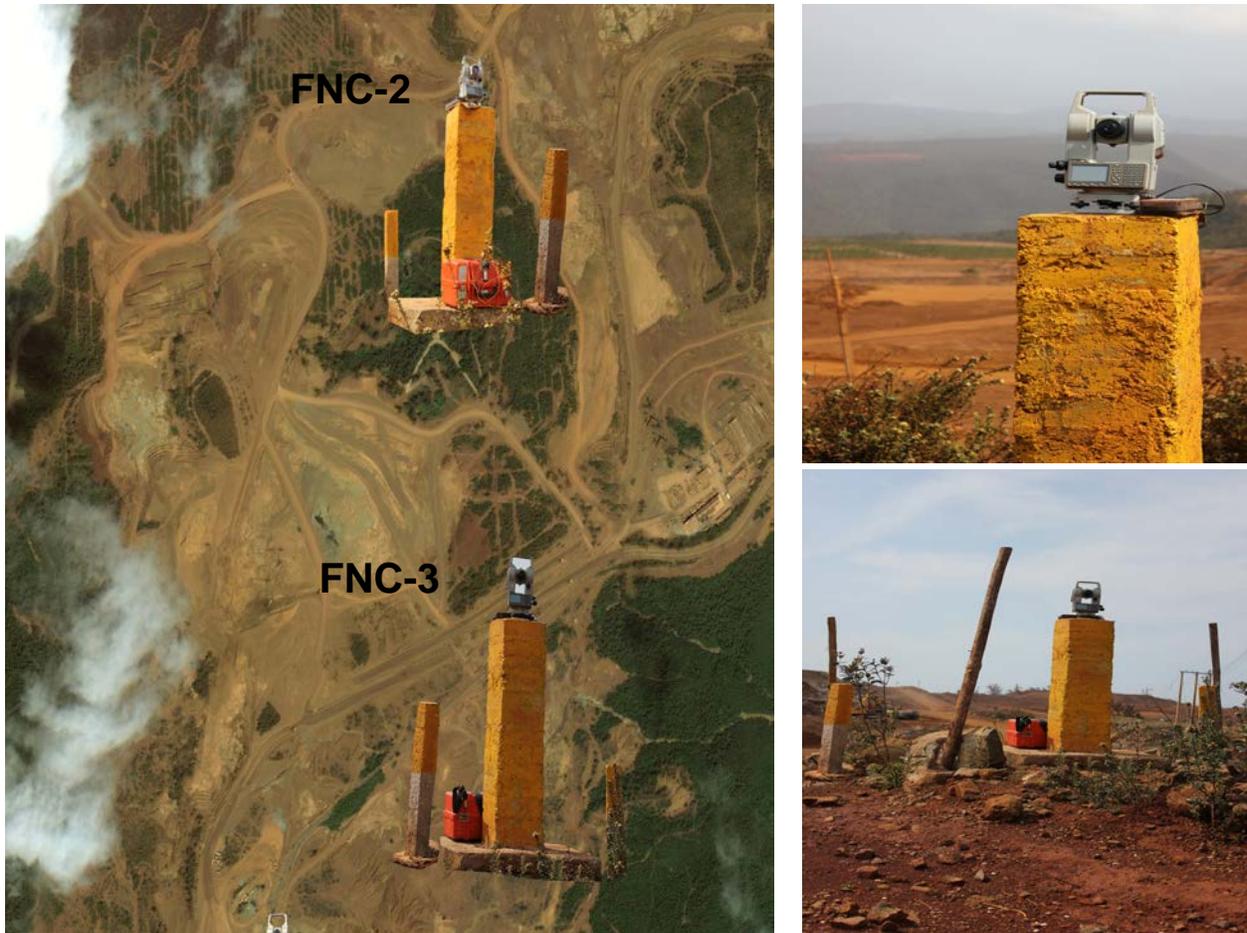


Figura 2.9: Mediciones recíprocas entre los puntos FNC-3 y FNC-2

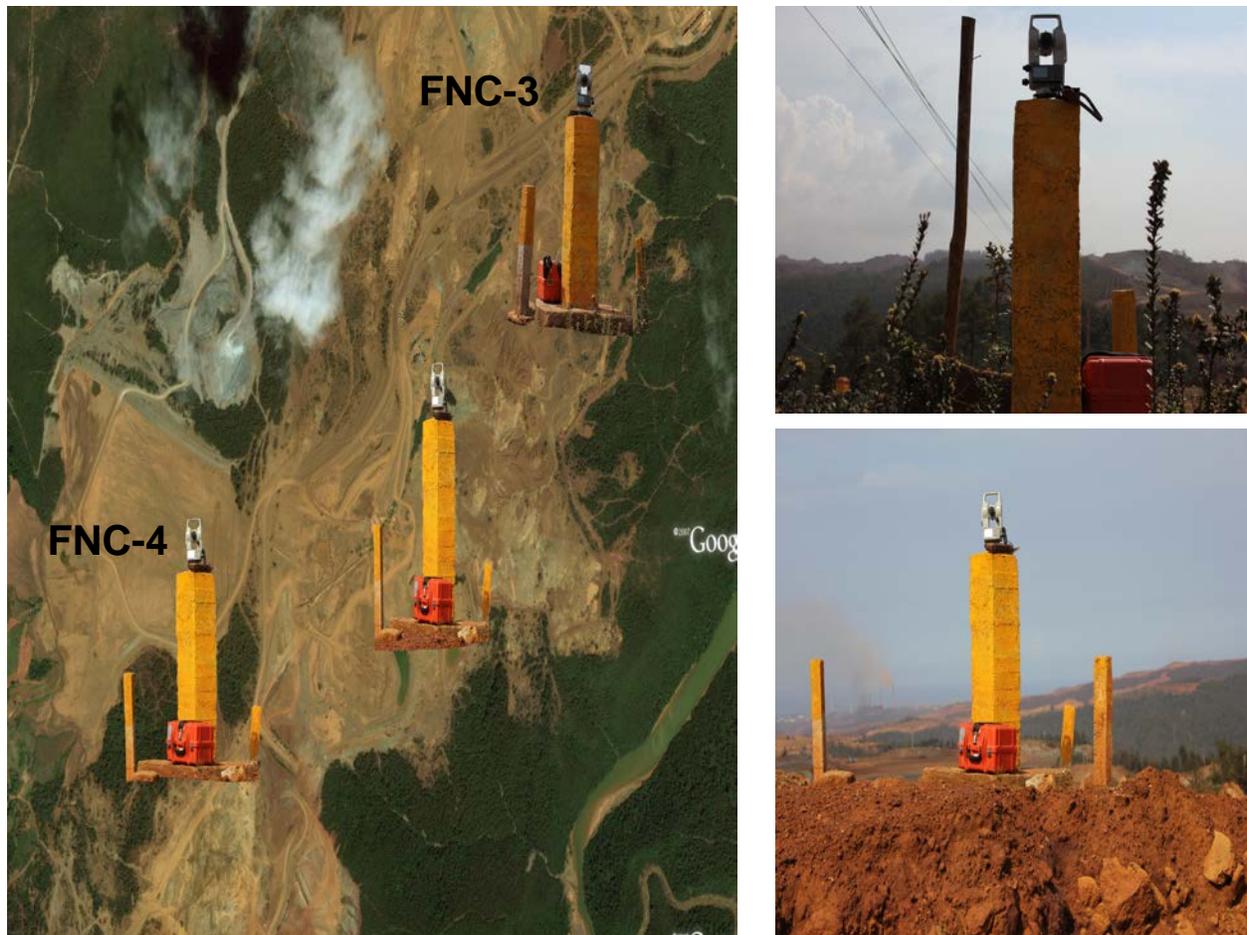


Figura 2.10: Mediciones recíprocas entre los puntos FNC-3 y FNC-4

2.7 Determinación del coeficiente de curvatura.

El coeficiente de curvatura se determinó para las tres mediciones experimentales, en las cuales se le aplicaron a las distancias las correcciones atmosféricas. La corrección atmosférica de las distancias se determinó mediante la fórmula:

$$DR = Dg * \text{Seno } \beta \text{ Vertical.} \quad (2.1)$$

Donde:

DR= Distancia reducida al horizonte.

Dg= Distancia geométrica.

β = Angulo Vertical.



Para la medición experimental #1 desde el punto FNC-3 al punto FNC-5.

Sustituyendo en la fórmula 2.1:

$$DR = 449,223 * \text{Seno } \beta 89^{\circ} 33' 46''$$

$$DR = 449,223 * 0,999970884$$

$$DR = 449,209\text{m}$$

Para la medición experimental #2 desde el punto FNC-3 al punto FNC-2.

Sustituyendo en la fórmula 2.1:

$$DR = 950,735 * \text{Seno } \beta 89^{\circ} 47' 53''$$

$$DR = 950,735 * 0,999993788$$

$$DR = 950,729\text{m}$$

Para la medición experimental #3 desde el punto FNC-3 al punto FNC-4.

Sustituyendo en la fórmula 2.1:

$$DR = 1213,147 * \text{Seno } \beta 88^{\circ} 00' 00''$$

$$DR = 1213,147 * 0,999390827$$

$$DR = 1212,408$$

Distancia reducida al nivel medio del mar mediante la fórmula:

$$DH = DR * CR. \quad CR = 1 - (HA/R + HB/R^2) \quad (2.2)$$

Donde:

DH= Dista reducida al nivel del Mar

DR= Distancia reducida al horizonte

CR= Corrección por reducción al radio de la tierra

HA= Altura geométrica en el punto estacionado

HB= Altura geométrica en el punto de orientación

R= Radio medio de la tierra

Para la medición experimental #1 desde el punto FNC-3 al punto FNC-5.

Sustituyendo en la fórmula 2.2:



$$CR = 1 - (230,595/6377298,556 + 234,277/6377298,556^2)$$

$$CR = 1 - 0,00036158$$

$$CR = 0,999963841$$

$$DH = 449,209 * 0,999963841$$

$$DH = 449,192m$$

Para la medición experimental #2 desde el punto FNC-3 al punto FNC-2.

Sustituyendo en la fórmula 2.2:

$$CR = 1 - (230,595/6377298,556 + 234,012/6377298,556^2)$$

$$CR = 1 - 0,00036158$$

$$CR = 0,999963841$$

$$DH = 950,729 * 0,999963841$$

$$DH = 950,695m$$

Para la medición experimental #3 desde el punto FNC-3 al punto FNC-4.

Sustituyendo en la fórmula 2.2:

$$CR = 1 - (230,595/6377298,556 + 279,910/6377298,556^2)$$

$$CR = 1 - 0,00036158$$

$$CR = 0,999963841$$

$$DH = 950,729 * 0,999963841$$

$$DH = 950,695m$$

A partir de la distancia geométrica corregida, se procede directamente a obtener la distancia reducida a la cuerda en la superficie de referencia por la fórmula (2.3).

$$DH = \sqrt{\frac{Dg^2 - (Hb - Ha)^2}{\left[1 + \frac{Ha}{R}\right] * \left[1 + \frac{Hb}{R}\right]}} \quad (2.3)$$

Donde:

Dg= Distancia geométrica corregida

Ha= Altura geométrica en el punto estacionado mas la altura del instrumento



Hb= Altura geométrica en el punto orientado mas la altura del instrumento

R= Radio medio de la tierra

Para la medición experimental #1 desde el punto FNC-3 al punto FNC-5.

Sustituyendo en la fórmula 2.3:

$$DH = \sqrt{\frac{449.192^2 - (230.595 + 0.235 - 234.277 + 0.236)^2}{\left[1 + \frac{230.595 + 0.235}{6377298.556}\right] * \left[1 + \frac{234.277 + 0.236}{6377298.556}\right]}}$$

$$DH = \sqrt{\frac{201773.4529 - (230.830 - 234.513)^2}{\left[1 + \frac{230.830}{6377298.556}\right] * \left[1 + \frac{234.513}{6377298.556}\right]}}$$

$$DH = \sqrt{\frac{201773.4529 * (-3.683)^2}{1.000036196 * 1.000036773}}$$

$$DH = \sqrt{\frac{201773.4529 - 13.564489}{1.00007297}}$$

$$DH = \sqrt{\frac{201759.8884}{1.00007297}}$$

$$DH = 449.144m$$

Para la medición experimental #2 desde el punto FNC-3 al punto FNC-2.

Sustituyendo en la fórmula 2.3:

$$DH = \sqrt{\frac{950.695^2 - (230.595 + 0.235 - 234.012 + 0.233)^2}{\left[1 + \frac{230.595 + 0.235}{6377298.556}\right] * \left[1 + \frac{234.012 + 0.233}{6377298.556}\right]}}$$



$$DH = \sqrt{\frac{903820.983 - (230.830 - 234.245)^2}{\left[1 + \frac{230.830}{6377298.556}\right] * \left[1 + \frac{234.245}{6377298.556}\right]}}$$

$$DH = \sqrt{\frac{903820.983 * (-3.415)^2}{1.000036196 * 1.000036731}}$$

$$DH = \sqrt{\frac{903820.983 - 11.662225}{1.000072928}}$$

$$DH = \sqrt{\frac{903809.3208}{1.000072928}}$$

$$DH = 950.619m$$

Para la medición experimental # 3 desde el punto FNC-3 al punto FNC-4.

Sustituyendo en la fórmula 2.3:

$$DH = \sqrt{\frac{000.000^2 - (230.595 + 0.235 - 279.910 + 0.236)^2}{\left[1 + \frac{230.595 + 0.235}{6377298.556}\right] * \left[1 + \frac{279.910 + 0.236}{6377298.556}\right]}}$$

$$DH = \sqrt{\frac{0.0000000 - (230.830 - 280.146)^2}{\left[1 + \frac{230.830}{6377298.556}\right] * \left[1 + \frac{280.146}{6377298.556}\right]}}$$

$$DH = \sqrt{\frac{00000000 * (-49.316)^2}{0.000000 * 0.000000}}$$

$$DH = \sqrt{\frac{0.000000 - 2432.067856}{0.000000}}$$

$$DH = \sqrt{\frac{0.000000}{0.000000}}$$



$$DH = 0.00000mts$$

A partir de la distancia geométrica corregida, se procedió a calcular el coeficiente de curvatura para las tres mediciones experimentales, por la fórmula planteada en la página de Internet <http://www.google.cu> determinación del coeficiente de curvatura y refracción, según la fórmula (1.1) planteada en el capítulo1.

$$Ee = \frac{d^2}{2R} \quad (1.1)$$

Donde:

d = Distancia geométrica corregida.

R= Radio medio de la tierra 6378206,4m según el esferoide de Clarke de 1866 utilizado en los trabajos geodésicos en Cuba.

Cálculo del coeficiente de curvatura para la medición experimental #1 desde el punto FNC-3 al punto FNC-5.

Sustituyendo en la fórmula 1.1:

$$Ee = \frac{449.144^2}{2 * 6377298.556}$$

$$Ee = \frac{201730.3327}{12754597.11}$$

$$Ee = 0.0158m$$

Calculo del coeficiente de curvatura para la medición experimental #1 desde el punto FNC-3 al punto FNC-2.

Sustituyendo en la fórmula 1.1:



$$Ee = \frac{950.619^2}{2 * 6377298.556}$$

$$Ee = \frac{903676.4832}{12754597.11}$$

$$Ee = 0.0708m$$

Calculo del coeficiente de curvatura para la medición experimental #3 desde el punto FNC-3 al punto FNC-4.

Sustituyendo en la fórmula 2.3:

$$Ee = \frac{0.0000^2}{2 * 6377298.556}$$

$$Ee = \frac{0.00000}{12754597.11}$$

$$Ee = 0.00000m$$

Realizado el cálculo del coeficiente de curvatura para las tres mediciones experimentales se obtuvieron los siguientes valores de coeficiente de curvatura, (Ver tabla 2.2).

Tabla 2.2. Coeficiente de curvatura en los yacimientos lateríticos de Moa.

Numero	Distancias (m)	Angulo Vertical	Pendiente (%)	Coeficiente de curvatura (m)
1	449,144	89° 33' 46"	0,76	0,015
2	950,619	89° 37' 53"	0,38	0,070
3			4,0	



Posteriormente calculado el coeficiente de curvatura en las mediciones experimentales, se establece los siguientes coeficientes de curvatura a tener en cuenta para distancias desde 250m asta 1500 en las mediciones topográficas en los yacimientos lateríticos del municipio de Moa, (Ver tabla 2.3).

Tabla 2.3. Coeficiente de curvatura en los yacimientos lateríticos de Moa.

Numero	Distancias (m)	Coeficiente de curvatura (m)
1	250	0,005
2	350	0,010
3	450	0,016
4	550	0,024
5	650	0,033
6	750	0,044
7	850	0,057
8	950	0,071
9	1000	0,078
10	1100	0,095
11	1200	0,113
12	1300	0,133
13	1400	0,154
14	1500	0,176

2.8 Determinación del coeficiente de refracción.

En las triangulaciones geodésicas y topográficas a distancias que en el primer caso puede ser de decenas de kilómetros, y en el segundo, generalmente, de uno a tres. En uno y otro caso es indispensable, para calcular el desnivel, tener en cuenta la esfericidad de la tierra y el coeficiente de refracción.

La primera es conocida, pero no así la segunda, que varia con las condiciones atmosféricas, y en alguna ocasión es preciso determinarlo. Este error aumenta con la distancia, y por ello planteamos la forma en que se determinó el coeficiente de curvatura y esfericidad en los yacimientos lateríticos del Municipio de Moa.



Consiste en estacionar en dos vértices geodésicos lo más alejado posible y dirigirse recíprocamente dos visuales simultáneas, o que puedan considerarse como tales; es necesario además de conocer la longitud (D) del lado geodésico que los une.

Al estacionar la estación total en el punto (A) y dirigir la visual al punto (B) figura 2.11, el rayo luminoso seguirá la dirección de un arco, que ya sabemos que es una circunferencia, y la distancia cenital (Δ) observada, no será la correspondiente a la cuerda (AB), sino a la tangente a la curva, cometiendo un error (r), denominado ángulo de refracción.

A su vez al estacionar la estación en el punto (B) y bisecar el punto (A), obtendremos una distancia cenital aparente (Δ') y siempre que las visuales recíprocas de (A) a (B) y de (B) a (A) sean simultáneas o puedan considerarse como tales para que sean las mismas condiciones de refrangibilidad, el ángulo de refracción que forme la tangente y la cuerda de arco (AB), estacionado en (B), será igual al que antes se obtuvo estacionado en (A). El triángulo (AOB), que forma la cuerda con las verticales de sus extremos se verifica:

$$\Delta + r = \omega + 180 - (\Delta' + r) \quad (2.4)$$

$$2r = \omega - (\Delta + \Delta') + 180^\circ \quad (2.5)$$

$$\Delta + \Delta' > 180^\circ \quad (2.6)$$

El valor del coeficiente de refracción (Er) se obtiene de la expresión (2.5) dividiendo los dos miembros por 2ω :

$$Er = 0,5 - \frac{R}{2 * \omega} * (\Delta + \Delta' - 180^\circ) \quad (2.6)$$

Y poniendo el ángulo ω en función de la longitud (D) del lado geodésico y del radio (R) de la tierra:

$$Er = 0,5 - \frac{R}{2 * D} * \frac{(\Delta + \Delta' - 180^\circ)}{\rho''} \quad (2.7)$$



El coeficiente de refracción se calculó para las tres mediciones experimentales aplicando la fórmula de **Domínguez García Tejero Francisco (1974)**, en su libro de texto, **Topografía General y Aplicada** página (347), figura 2.11.

$$Er = 0,5 - \frac{R}{2 * D} * \frac{(\Delta + \Delta' - 180^\circ)}{\rho''} \quad (2.4)$$

Donde:

R= Radio medio de la tierra

D= Distancia reducida a la cuerda en la superficie de referencia

Δ = Ángulo vertical (Distancia cenital) en el punto (A)

Δ' = Ángulo vertical (Distancia cenital) en el punto (B)

$\rho'' = 206265''$

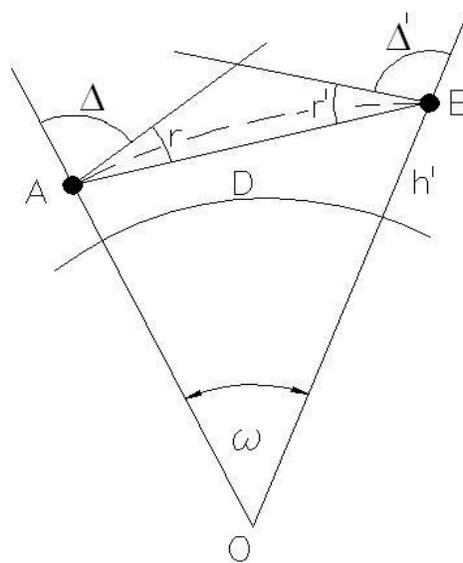


Figura 2.11: Determinación del coeficiente de refracción.



2.9 Determinación del coeficiente refracción en la medición experimental #1.

El coeficiente de refracción se determinó en la medición experimental #1, estacionando una primera estación total en el punto FNC-3 y la segunda estación total en el punto FNC-5, Ver figura 2.8, planteando la fórmula (2.7) se obtiene que:

$$Er = 0,5 - \frac{6377298,556}{2 * 449,144} * \frac{(89^{\circ}33'46'' + 90^{\circ}25'51'' - 180^{\circ})}{206265}$$

$$Er = 0,5 - \frac{6377298,556}{2 * 449,144} * \frac{(00^{\circ}00'23'')}{206265}$$

$$Er = 0,5 - \frac{6377298,556}{2 * 449,144} * 0,0001$$

$$Er = 0,5 - \frac{637,7298}{2 * 449,144}$$

$$Er = 0,5 - \frac{637,7298}{898,288}$$

$$Er = 0,5 - 0,709$$

$$Er = 0,209$$

2.10 Determinación del coeficiente refracción en la medición experimental #2.

El coeficiente de refracción se determinó en la medición experimental #2, estacionando una primera estación total en el punto FNC-3 y la segunda estación total en el punto FNC-2, Ver figura 2.9, planteando la fórmula (2.7) se obtiene que:

$$Er = 0,5 - \frac{6377298,556}{2 * 950,619} * \frac{(89^{\circ}47'53'' + 90^{\circ}11'51'' - 180^{\circ})}{206265}$$

$$Er = 0,5 - \frac{6377298,556}{2 * 950,619} * \frac{(00^{\circ}00'16'')}{206265}$$

$$Er = 0,5 - \frac{6377298,556}{2 * 950,619} * 0,00001$$



$$Er = 0,5 - \frac{4464,1090}{2 * 950,619}$$

$$Er = 0,5 - \frac{4464,1089}{1901,238}$$

$$Er = 0,5 - 0,256$$

$$Er = 0,244$$

2.11 Determinación del coeficiente refracción en la medición experimental # 3.

El coeficiente de refracción se determinó en la medición experimental #2, estacionando una primera estación total en el punto FNC-3 y la segunda estación total en el punto FNC-4, Ver figura 2.10, planteando la fórmula (2.7) se obtiene que:

$$Er = 0,5 - \frac{6377298,556}{2 * 950,619} * \frac{(89^{\circ}47'53'' + 90^{\circ}11'51'' - 180^{\circ})}{206265}$$

$$Er = 0,5 - \frac{6377298,556}{2 * 950,619} * \frac{(00^{\circ}00'16'')}{206265}$$

$$Er = 0,5 - \frac{6377298,556}{2 * 950,619} * 0,00001$$

$$Er = 0,5 - \frac{4464,1090}{2 * 950,619}$$

$$Er = 0,5 - \frac{4464,1089}{1901,238}$$

$$Er = 0,5 - 0,256$$

$$Er = 0,244$$

Con la determinación del coeficiente de refracción para las tres mediciones experimentales se obtuvieron los siguientes valores a tener en cuenta en las mediciones topográficas minera, (ver tabla 2.4).

Tabla 2.4. Coeficiente de refracción en los yacimientos lateríticos de Moa.



Numero	Distancias (m)	Coficiente de refracción (m)
1	449,144	0,209
2	950,619	0,244
3		

2.12 Coeficiente conjunto curvatura y refracción.

Al introducirse la nueva técnica topográfica minera en el municipio trae consigo que los instrumentos nos permitan aplicar el coeficiente conjunto de curvatura y refracción en las mediciones, antes o después de realizar las mediciones en el procesamiento de descarga de éstas. A partir del cálculo del coeficiente de curvatura y refracción se determinó la corrección conjunta curvatura y refracción para los tres ciclos de mediciones experimentales mediante la fórmula 2.5. Los resultados a parecen la tabla 2.5.

$$K = Ee + Er = 0,5 \frac{D^2}{R} - 0,209 \frac{D^2}{R} = 0,291 \frac{D^2}{R} \quad (2.5)$$

Tabla 2.5. Cálculo del coeficiente conjunto curvatura y refracción.

D (m)	C _{esf} (m)	C _{ref} (m)	C _{conjunta} (m)
400	0.01	0.00	0.01
1000	0.08	-0.01	0.07
2000	0.31	-0.05	0.26
4000	1.26	-0.20	1.05
8000	5.02	-0.80	4.22



CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

3.1 Validación del coeficiente de curvatura y refracción mediante el Software Cartomap 6.0.

Para evaluar la aplicación del coeficiente de curvatura y refracción mediante el Software Cartomap 6.0 se realizaron dos ensayos prácticos, uno para un fichero txt guardado en la carpeta de trabajo descargado del instrumento sin aplicar la corrección y otro aplicando la corrección.

En el ensayo práctico el fichero txt presenta 50 puntos que representan una red de perforación geológica distribuido en 10 columnas y 5 filas ha una separación de 20m (ver figura 3.1), a estos puntos se les determinaron las coordenadas planas rectangulares, (X,Y,Z). Al comparar las coordenadas reales de la red de perforación del fichero sin aplicar la corrección y aplicando la corrección se demuestra que no variaron las coordenadas en la base de dato guardada en la carpeta de trabajo ver tabla 3.2, la diferencia $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ es 0.000m.



Figura 3.1: Red de perforación.

P	X sin corrección	Y sin corrección	Z sin corrección	X con corrección	Y con corrección	Z con corrección
1	563368.657	428692.901	10.000	563368.657	428692.901	10.000
2	563388.657	428692.901	12.000	563388.657	428692.901	12.000
3	563408.657	428692.901	14.000	563408.657	428692.901	14.000
4	563428.657	428692.901	17.000	563428.657	428692.901	17.000
5	563448.657	428692.901	20.000	563448.657	428692.901	20.000
6	563468.657	428692.901	16.000	563468.657	428692.901	16.000
7	563488.657	428692.901	14.000	563488.657	428692.901	14.000
8	563508.657	428692.901	12.000	563508.657	428692.901	12.000
9	563528.657	428692.901	11.000	563528.657	428692.901	11.000
10	563548.657	428692.901	10.000	563548.657	428692.901	10.000
11	563368.657	428672.901	12.000	563368.657	428672.901	12.000
12	563388.657	428672.901	14.000	563388.657	428672.901	14.000
13	563408.657	428672.901	16.000	563408.657	428672.901	16.000
14	563428.657	428672.901	18.000	563428.657	428672.901	18.000
15	563448.657	428672.901	22.000	563448.657	428672.901	22.000
16	563468.657	428672.901	20.000	563468.657	428672.901	20.000
17	563488.657	428672.901	18.000	563488.657	428672.901	18.000
18	563508.657	428672.901	16.000	563508.657	428672.901	16.000
19	563528.657	428672.901	14.000	563528.657	428672.901	14.000
20	563548.657	428672.901	12.000	563548.657	428672.901	12.000
21	563368.657	428652.901	14.000	563368.657	428652.901	14.000
22	563388.657	428652.901	16.000	563388.657	428652.901	16.000
23	563408.657	428652.901	18.000	563408.657	428652.901	18.000
24	563428.657	428652.901	21.000	563428.657	428652.901	21.000



25	563448.657	428652.901	25.000	563448.657	428652.901	25.000
26	563468.657	428652.901	22.000	563468.657	428652.901	22.000
27	563488.657	428652.901	20.000	563488.657	428652.901	20.000
28	563508.657	428652.901	18.000	563508.657	428652.901	18.000
29	563528.657	428652.901	17.000	563528.657	428652.901	17.000
30	563548.657	428652.901	15.000	563548.657	428652.901	15.000
31	563368.657	428632.901	12.000	563368.657	428632.901	12.000
32	563388.657	428632.901	14.000	563388.657	428632.901	14.000
33	563408.657	428632.901	16.000	563408.657	428632.901	16.000
34	563428.657	428632.901	18.000	563428.657	428632.901	18.000
35	563448.657	428632.901	22.000	563448.657	428632.901	22.000
36	563468.657	428632.901	20.000	563468.657	428632.901	20.000
37	563488.657	428632.901	18.000	563488.657	428632.901	18.000
38	563508.657	428632.901	16.000	563508.657	428632.901	16.000
39	563528.657	428632.901	14.000	563528.657	428632.901	14.000
40	563548.657	428632.901	12.000	563548.657	428632.901	12.000
41	563368.657	428612.901	10.000	563368.657	428612.901	10.000
42	563388.657	428612.901	12.000	563388.657	428612.901	12.000
43	563408.657	428612.901	14.000	563408.657	428612.901	14.000
44	563428.657	428612.901	17.000	563428.657	428612.901	17.000
45	563448.657	428612.901	20.000	563448.657	428612.901	20.000
46	563468.657	428612.901	18.000	563468.657	428612.901	18.000
47	563488.657	428612.901	16.000	563488.657	428612.901	16.000
48	563508.657	428612.901	14.000	563508.657	428612.901	14.000
49	563528.657	428612.901	12.000	563528.657	428612.901	12.000
50	563548.657	428612.901	10.000	563548.657	428612.901	10.000

Tabla 3.1: Coordenadas de los puntos de la red geológica.

P	ΔX	ΔY	ΔZ	P	ΔX	ΔY	ΔZ
1	0.000	0.000	0.000	26	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	27	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	28	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	29	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	30	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	31	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	32	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	33	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	34	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	35	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000	36	0.000	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000	37	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.000	38	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	0.000	39	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000	40	0.000	0.000	0.000
16	0.000	0.000	0.000	41	0.000	0.000	0.000
17	0.000	0.000	0.000	42	0.000	0.000	0.000
18	0.000	0.000	0.000	43	0.000	0.000	0.000



19	0.000	0.000	0.000	44	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000	45	0.000	0.000	0.000
21	0.000	0.000	0.000	46	0.000	0.000	0.000
22	0.000	0.000	0.000	47	0.000	0.000	0.000
23	0.000	0.000	0.000	48	0.000	0.000	0.000
24	0.000	0.000	0.000	49	0.000	0.000	0.000
25	0.000	0.000	0.000	50	0.000	0.000	0.000

Tabla 3.2: Diferencia en coordenadas.

Antes de descargar el fichero vía cable desde la estación total al Software Cartomap 6.0 se configuro el proyecto para el coeficiente de curvatura y refracción determinado en el capítulo 2 de 0.014mts.

Las reducciones y correcciones de las observaciones son necesarias siempre que no se trabaje con coordenadas planas, y siempre que las medidas estén afectadas por factores metereológicos, esfericidad y refracción, grandes desniveles, etc. Antes de aplicar estas correcciones conviene saber como afectan a las coordenadas finales de los puntos y estaciones del proyecto. También es muy importante tener en cuenta la configuración del equipo de campo ya que puede que estas correcciones se hayan aplicando a las lecturas durante la toma de datos en campo, con lo que no sería necesario volver a aplicarlas.

2.3 Procedimiento para evaluar el coeficiente de curvatura y refracción mediante el Software Cartomap 6.0.

La configuración de las correcciones a aplicar en los datos de campo se realiza desde la ventana Edición de Correcciones, a la que se accede pulsando el botón Correcciones que aparece en diferentes ventanas de CARTOMAP, dependiendo del camino por el que se acceda a ella estas correcciones afectarán a todos o parte de los datos de campo contenidos en el proyecto:

Cabecera de proyecto (menú Edición – Proyecto...): Las correcciones activadas desde esta ventana afectarán a todos los datos de campo contenidos en el archivo.



Edición de capa (menú Edición – Capas... al modificar o añadir una nueva capa se abre la ventana Edición de capa): Las correcciones activadas desde esta ventana afectarán a todos los datos de campo contenidos en la capa seleccionada.

Edición de estación (menú Edición – Levantamiento – Estaciones... o pulsando Contro+E, al añadir o modificar una estación se abre la ventana Edición de estación): Las correcciones activadas desde esta ventana afectarán a todos los datos de campo tomados desde la estación seleccionada.

Edición de estacionamiento (menú Edición – Levantamiento – Estacionamientos..., al añadir o modificar un estacionamiento se abre la ventana Edición de estacionamiento): Las correcciones activadas desde esta ventana afectarán únicamente a los datos de campo tomados desde ese estacionamiento.

1. Abrir el Software Cartomap 6.0, en la ficha **Edición** seleccionar proyecto, introducir en la ficha corrección el nombre del proyecto, ver figura 3.2.

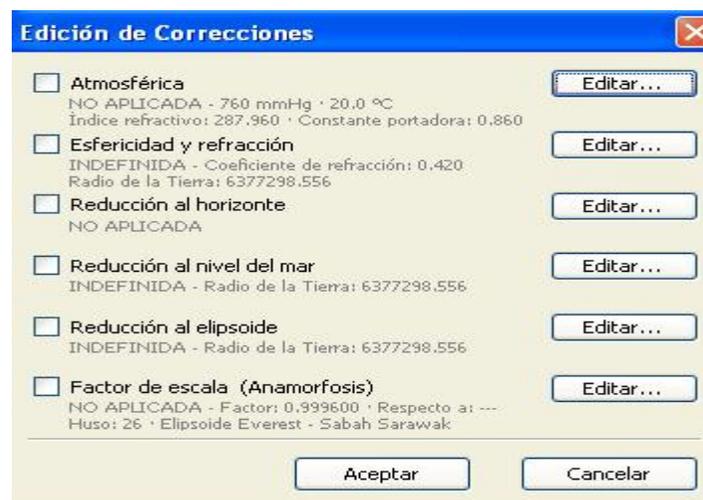


Figura 3.2: Edición de corrección.

2. Pulsar el botón **Editar**, situado a la derecha de esta opción en la ventana **Edición de correcciones**, se abrirá la ventana Corrección de Esfericidad y Refracción, ver figura 3.3:



Corrección de Esfericidad y Refracción

Aplicar la corrección de Esfericidad y Refracción:

Coeficiente de refracción: 0.420

Radio de la Tierra: 6377298.556

Aceptar Cancelar

3. Pulsar **Acertar**, la corrección se habrá activado.