

**UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TÍTULO: “LA POLIGONACIÓN EN LA TOPOGRAFÍA INICIAL PARA EL CONTROL DEL DISEÑO GEOMÉTRICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS. ESTUDIO DE CASOS”**

Tesis para obtener el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el bachiller:

**Paúl De La Cruz Flores**

**ASESORES:**

**Dr. José Luis León Untiveros.**

**Ing. Melquiades Elmer Hinostrroza Bartolo**

**Huancayo, febrero de 2021**



**DEDICATORIA:**

*Dedico y agradezco de manera especial a mi familia, a mi Esposa **Florencia** que siempre es mi apoyo en momentos difíciles, a mis pequeñas hijitas **Dalia y Magie** que son la razón de mi existir, a mis padres y hermanos que siempre han estado a mi lado.*

*De igual manera mis agradecimientos a los Ingenieros docentes, quienes me han brindado su tiempo y sus conocimientos y me inculcaron la vocación de ser profesional.*

*Muchas Gracias.*

*ATTe. Paul De La Cruz flores.*

## ÍNDICE GENERAL

### Contenido

<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>iv</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	<b>viii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS Y GRAFICOS</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTA DE FOTOGRAFÍAS</b> .....	<b>x</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xii</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2.1. PROBLEMA GENERAL</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA</b> .....	<b>2</b>
<b>1.5. OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5.1. OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>3</b>
<b>1.6. HIPÓTESIS</b> .....	<b>4</b>
<b>1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL</b> .....	<b>4</b>
<b>1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b> .....	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>5</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1. MARCO FILOSÓFICO O EPISTEMOLÓGICO DE LA</b> <b>    INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES</b> .....	<b>6</b>

2.2.3. ANTECEDENTES REGIONALES.....	8
2.3. BASES TEÓRICAS.....	9
2.3.1. DESCRIPCION GENERAL .....	9
a.- MÉTODO GENERAL DE LA POLIGONACIÓN. ....	9
b.- CLASIFICACIÓN DE LAS POLIGONALES.....	10
b.1.-DE ACUERDO A LOS PUNTOS DE PARTIDA Y LLEGADA. ....	10
b.1.1.-CERRADA:.....	10
b.1.2.-ABIERTA: .....	11
b.2.-POR SU ORIENTACIÓN ANGULAR. ....	11
b.2.1.-POLIGONAL ORIENTADA.....	11
B.2.2.-POLIGONAL NO ORIENTADA. ....	12
c.- INCERTIDUMBRES A PRIORI .....	13
c.1.- INCERTIDUMBRE TRANSVERSAL.....	13
c.2.- INCERTIDUMBRE LONGITUDINAL.....	14
2.3.2.-METODOLOGÍA DE OBSERVACIÓN.....	16
A.- DISEÑO DE LA POLIGONACIÓN.....	16
A.1.- FINALIDAD .....	17
2.3.3.- MÉTODO DE CÁLCULO Y COMPENSACIÓN DE LAS .....	20
COORDENADAS DE LA POLIGONAL.....	20
A) CÁLCULO DE AZIMUTES COMPENSADOS .....	21
B) CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LOS EJES DE LA POLIGONAL.....	26
C) CÁLCULO DE PROYECCIONES (X, Y).....	26
D) TOLERANCIA DE LOS ERRORES EN X E Y ( $e_x$ , $e_y$ ).....	27
E) COMPENSACIÓN DE LAS COORDENADAS .....	28
MÉTODO TRADICIONAL DE COMPENSACIÓN.....	28
F) CÁLCULO DE COORDENADAS GENERALES.....	30
G) ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN OBTENIDA.....	31
H) COMPENSACIÓN Y OBTENCIÓN DE COORDENADAS AJUSTADAS.....	31
Y PRECISIONES POR MMCC .....	31
2.3.4. LOCALIZACIÓN DE FALTAS O EQUIVOCACIONES.....	32
2.3.5. CÁLCULO DE POLIGONALES EN COORDENADAS UTM .....	33
2.3.6.-OTROS MÉTODOS EN POLIGONACIÓN .....	34
2.3.7. MÉTODOS COMPLEMENTARIOS.....	36

2.3.8. DOCUMENTOS TÉCNICOS NECESARIOS PARA EL PROYECTO DE POLIGONACIÓN EN CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS.....	38
CAPÍTULO 3.....	39
III. METODOLOGÍA.....	39
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
UNIDAD DE ANÁLISIS.....	39
3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	40
3.3. TAMAÑO DE MUESTRA.....	41
3.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	42
CAPÍTULO 4.....	46
IV. DESARROLLO DE TEMA.....	46
4.1. CÁLCULO DE LA POLIGONAL ABIERTA.....	46
4.1.1. CÁLCULO Y OBTENCION DE DATOS INICIALES Y DE CAMPO.....	48
4.1.1.1 CÁLCULO DE DATOS INICIALES.....	48
4.1.1.2 OBTENCIÓN DE DATOS EN CAMPO.....	51
4.1.2. CÁLCULO DE AZIMUT.....	56
4.1.3. CÁLCULO DE ERROR ANGULAR.....	57
4.1.4. CÁLCULO DE ERROR MÁXIMO PERMITIDO – TOLERANCIA.....	58
4.1.5. COMPENSACIÓN DE ANGULOS.....	58
4.1.6. CÁLCULO DE AZIMUT CORREGIDOS.....	59
4.1.7. CÁLCULO DE PROYECCIONES.....	60
4.1.8. CORRECCIÓN DE PROYECCIONES.....	62
4.1.9. PROYECCIONES CORREGIDAS.....	64
4.1.10. CÁLCULO DE COORDENADAS.....	64
4.2. CÁLCULO DE LA POLIGONAL CERRADA.....	67
4.2.1. CÁLCULO Y OBTENCION DE DATOS INICIALES Y DE CAMPO.....	68
4.2.2. CÁLCULO DE LA SUMATORIA DE ÁNGULOS INTERNOS DE LA POLIGONAL, ERROR DE CIERRE ANGULAR, TOLERANCIA ANGULAR Y CORRECCIÓN ANGULAR.....	75
4.2.3. CÁLCULO DE LOS AZIMUTS DE LOS LADOS DE LA POLIGONAL.....	78
4.2.4. CÁLCULO DE LAS PROYECCIONES DE LOS LADOS DE LA POLIGONAL.....	79

4.2.5. CÁLCULO DEL ERROR DE CIERRE LINEAL .....	81
4.2.6. CÁLCULO DE LA TOLERANCIA DEL ERROR LINEAL.....	82
4.2.7. COMPENSACIÓN DE LOS ERRORES AL ESTE Y NORTE DE .....	83
LAS PROYECCIONES.....	83
CAPÍTULO 5 .....	86
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	86
5.1. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	86
5.2. PRUEBAS DE HIPÓTESIS .....	91
5.3. PRESENTACION DE RESULTADOS .....	97
CONCLUSIONES.....	99
RECOMENDACIONES .....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	101
ANEXOS.....	102
.....	105
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	106
PLANOS.....	107

## LISTA DE CUADROS

CUADRO N° 01 CUADRO UNIDADES DE ANÁLISIS.	PÁG. 39
CUADRO N° 02 CARACTERÍSTICAS LEICA TS 06 POWER	PÁG. 47
CUADRO N° 03 RESUMEN MEDICIÓN DE ÁNGULOS HORIZONTALES DE LA POLIGONAL ABIERTA.	PÁGS. 51, 52, 53, 54
CUADRO N° 04 RESUMEN MEDICIÓN DE DISTANCIAS DE LOS LADOS DE LA POLIGONAL ABIERTA.	PÁGS. 55, 56
CUADRO N° 05 AZIMUTS CALCULADOS DE LOS LADOS DE LA POLIGONAL ABIERTA.	PÁG. 57
CUADRO N° 06 COMPENSACIÓN DE ÁNGULOS HORIZONTALES.	PÁG. 59
CUADRO N° 07 CÁLCULO DE AZIMUTS CORREGIDOS.	PÁG. 60
CUADRO N° 08 CÁLCULO DE PROYECCIONES.	PÁG. 61
CUADRO N° 09 COORDENADAS INICIAL, FINAL Y DIFERENCIAS.	PÁG. 62
CUADRO N° 10 CORRECCIONES DE LAS PROYECCIONES.	PÁG. 63
CUADRO N° 11 PROYECCIONES CORREGIDAS.	PÁG. 64
CUADRO N° 12 COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE LA POLIGONAL ABIERTA.	PÁG. 65
CUADRO N° 13 CUADRO COMPLETO DE CÁLCULO DE POLIGONAL ABIERTA.	PÁG. 66
CUADRO N° 14 CARACTERÍSTICAS TRIMBLE M3.	PÁG. 67
CUADRO N° 15 COODENADAS EXISTENTES.	PÁG. 69
CUADRO N° 16 CUADRO RESUMEN ÁNGULOS MEDIDOS.	PÁG. 73
CUADRO N° 17 CUADRO DISTANCIAS POLIGONAL CERRADA.	PÁG. 74
CUADRO N° 18 CUADRO SUMATORIA ÁNGULOS INT. POL. CERRADA.	PÁG. 75
CUADRO N° 19 CUADRO CORRECCION ÁNGULOS INT. POL. CERRADA	PÁG. 77
CUADRO N° 20 CUADRO CÁLCULO DE AZIMUTS.	PÁG. 78
CUADRO N° 21 CUADRO PROYECCIONES DE LA POLIGONAL	PÁG. 81
CUADRO N° 22 CUADRO COMPENSACION ERRORES PROYECCIONES.	PÁG. 83
CUADRO N° 23 CUADRO COMPENSACION DE COORD. POL. CERRADA.	PÁG. 84
CUADRO N° 24 CUADRO COMPLETO DE CÁLCULOS DE POLIGONAL CERRADA. PÁG. 85	
CUADRO N° 25 CUADRO COMPARATIVO POLIGONACION VS MÉTODO CONVENCIONAL.	PÁG. 87
CUADRO N° 26 CUADRO COMPARATIVO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS.	PÁG. 88
CUADRO N° 27 CUADRO DE COODENADAS SIN COMPENSAR POLIGONAL ABIERTA.	PÁG. 89



CUADRO N° 28 CUADRO DE COODENADAS SIN COMPENSAR POLIGONAL CERRADA.	PÁG. 90
CUADRO N° 29 CUADRO DE DESPLAZAMIENTOS ESTE	PÁG. 91
CUADRO N° 30 CUADRO DE DESPLAZAMIENTOS NORTE	PÁG. 93
CUADRO N° 31 CUADRO DE DISPERSIÓN DE COORDENADAS POLIGONAL ABIERTA.	PÁG. 95
CUADRO N° 32 CUADRO RESUMEN DE DISPERSIÓN DE COORDENADAS POLIGONAL ABIERTA.	PÁG. 96
CUADRO N° 33 CUADRO DE COORDENADAS COMPENSADOS POLIGONAL ABIERTA.	PÁG. 97
CUADRO N° 34 CUADRO DE COORDENADAS COMPENSADOS POLIGONAL CERRADA.	PÁG. 97
CUADRO N° 35 CUADRO PARAMETROS POLIGONAL CERRADA.	PÁG. 98
CUADRO N° 36 CUADRO PARAMETROS POLIGONAL CERRADA.	PÁG. 98

## LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICOS

FIGURA N° 01 EJEMPLO DE POLIGONAL.	PÁG. 10
FIGURA N° 02 EJEMPLO DE POLIGONAL CERRADA.	PÁG. 10
FIGURA N° 03 EJEMPLO DE POLIGONAL ABIERTA.	PÁG. 11
FIGURA N°04 POLIGONAL ORIENTADA.	PÁG. 11
FIGURA N° 05 POLIGONAL NO ORIENTADA.	PÁG. 13
FIGURA N° 06 INCERTIDUMBRE TRANSVERSAL.	PÁG. 13
FIGURA N° 07 INCERTIDUMBRE LONGITUDINAL.	PÁG. 14
FIGURA N° 08 MEDICIÓN DE ÁNGULOS Y DISTANCIAS, REGLA DE BESSEL.	PÁG. 18
FIGURA N° 09 MEDICIONES DE ÁNGULOS Y DISTANCIAS DESDE UNA ESTACIÓN.	PÁG. 19
FIGURA N° 10 ERROR DE CIERRE ANGULAR.	PÁG. 23
FIGURA N° 11 SUMATORIA DE ÁNGULOS EXTERNOS, POLIGONAL CERRADA.	PÁG. 24
FIGURA N° 12 ÁNGULOS EXTERNOS DE DOS POLIGONALES CONCURRENTES.	PÁG. 25
FIGURA N° 13 POLIGONAL POR MMCC.	PÁG. 31
FIGURA N° 14 POLIGONALES CONCURRENTES EN UN PUNTO.	PÁG. 35
FIGURA N° 15 ÁNGULOS Y DISTANCIAS POLIGONAL CERRADA.	PÁG. 43
FIGURA N° 16 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	PÁG. 44
FIGURA N° 17 CÁLCULO DE AZIMUT INICIAL.	PÁG. 49

FIGURA N° 18 CÁLCULO DE AZIMUT FINAL.	PÁG. 50
FIGURA N° 19 CUADRANTES RUMBO AZIMUT.	PÁG. 70
FIGURA N° 20 CÁLCULO AZIMUT INICIAL POLIGONAL CERRADA.	PÁG. 72
FIGURA N° 21 PROYECCIÓN DE LA POLIGONAL.	PÁG. 80
GRÁFICO N° 01 DESPLAZAMIENTO ESTE.	PÁG. 92
GRÁFICO N° 02 DESPLAZAMIENTO NORTE.	PÁG. 94

### **LISTA DE FOTOGRAFÍAS**

FOTOGRAFÍA N° 01 TIPOS DE EQUIPOS TOPOGRÁFICOS.	PÁG. 17
FOTOGRAFÍA N° 02 BASE NIVELANTE (TRIBRACH).	PÁG. 19
FOTOGRAFÍA N° 03 TRIBRACH SOBRE UN TRÍPODE.	PÁG. 19
FOTOGRAFÍA N° 04 ESTACIÓN TOTAL LEICA TS06 POWER.	PÁG. 48
FOTOGRAFÍA N° 05 ESTACIÓN TOTAL TRIMBLE M3.	PÁG.68

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación se ubica dentro de la línea de investigación de la Ingeniería de Transporte.

La necesidad de contar con una Poligonal de apoyo para el control topográfico en la construcción de una obra lineal (carretera), y que además el planteamiento, los procedimientos topográficos y la definición de los datos finales sean los correctos se ha convertido en ocasiones en la problemática principal en el inicio de obra en carreteras.

La falta de exactitud y precisión en los datos de la poligonal de apoyo se ven reflejados en errores, en algunos casos graves, en el trazado y replanteo de los componentes del Diseño Geométrico de la carretera, que han costado tiempo y dinero a las empresas constructoras.

En tal sentido llevaremos a la práctica las diversas teorías y conceptos existentes sobre el tema, los adecuados procedimientos y secuencias para obtener los datos correctos que hagan posible la adecuada ejecución de la obra, desde su inicio hasta su satisfactoria culminación, sin retrasos ni sobrecostos.

Veremos la aplicación de un caso real en el cual he aplicado dicha teoría y conceptos, en el planteamiento de una Red de una Poligonal Abierta orientada y compensada el cual, después de su adecuado planteamiento, nos permitió realizar un trabajo correcto sin contratiempos de ninguna clase, con respecto a nuestro tema.

**Palabras clave:** Poligonal de apoyo, procedimientos topográficos, Diseño Geométrico de la carretera.

## ABSTRACT

This research project is located within the line of research of Transportation Engineering.

The need to have a polygonal support for the topographic control in the construction of a linear work (road), and that also the approach, the topographic procedures and the definition of the final data are the correct ones have turned into occasions in the main problem in the start of work on roads.

The lack of accuracy and precision in the data of the polygonal of support are reflected in errors, in some cases serious, in the layout and redefinition of the components of the Geometric Design of the road, which have cost time and money to the construction companies.

In this sense we will put into practice the various theories and concepts on the subject, the appropriate procedures and sequences to obtain the correct data that make possible the proper execution of the work, from its inception to its successful completion without delays or cost overruns.

We will see the application of a real case in which I have applied this theory and concepts in the approach of a network of an open polygonal oriented and compensated which, after its correct approach, allowed us to perform a correct work without setbacks of any kind with regarding our subject.

**Keywords:** Polygonal support, topographic procedures, Geometric design of the road.

## **CAPÍTULO 1**

### **I. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

Debido a factores como; los errores comunes cometidos en los procedimientos topográficos iniciales, para el cálculo y planteamiento final de una Poligonal de apoyo en el control del Diseño Geométrico; los cuales, han ocasionado considerables pérdidas económicas y han afectado los tiempos programados en la ejecución de la obra; además, de las altas exigencias y estándares de calidad con las que trabajan muchas empresas constructoras en lo referente al control del Diseño Geométrico, nos orienta a capacitarnos en las correctas prácticas, conceptos y teorías en el campo de la topografía que nos permitan desarrollar de manera adecuada los planteamientos, cálculos y obtención de datos finales (Poligonal de Apoyo) que nos facilite llevar de manera óptima y eficiente el control del Diseño Geométrico en la ejecución y construcción de Carreteras.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema General:**

¿La aplicación de la Poligonación en la topografía inicial para el control del diseño geométrico en la construcción de carreteras, permitirá corregir, evitar el mal control topográfico y por consiguiente los errores más comunes ocasionados?

### **1.2.2. Problemas Específicos:**

- ¿El desconocimiento y/o la no aplicación de la poligonación, ocasiona errores e imprecisiones en el control topográfico del Diseño Geométrico de una vía, durante su construcción?
- ¿El incorrecto cálculo y compensación de la Red poligonal Abierta y Cerrada afecta en la construcción de carreteras?

## **1.3. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

La investigación sobre el presente tema se justifica teóricamente por la adecuada y correcta práctica y aplicación de los conceptos y métodos topográficos (Poligonación), para el planteamiento ordenado, preciso y exacto de los datos en la topografía inicial de un proyecto.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

En la práctica se justifica para evitar los errores y problemas en el control geométrico que ocasiona sobre costo y retrasos en el avance de obra. Dichos

errores y problemas pueden darse al inicio, durante y posterior a la culminación de la ejecución de obra.

Además de la Seguridad en la transitabilidad y la funcionabilidad de la carretera.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. Objetivo General:**

Realizar un eficaz y eficiente planteamiento inicial (Poligonal de Apoyo) para el control Topográfico del Diseño Geométrico de una obra lineal como es una Carretera.

### **1.5.2. Objetivos Específicos:**

- Determinar la precisión y confiabilidad en los resultados obtenidos por el método de la poligonación para el control en trazo y replanteo del Diseño Geométrico de una carretera.
- Realizar el cálculo y compensación precisa y correcta de las coordenadas UTM de los vértices de la poligonal abierta y cerrada de apoyo.

## **1.6. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La correcta aplicación de la Poligonación de Apoyo y los métodos y procedimientos topográficos, minimizan los errores y problemas en la construcción de carreteras.

### **1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- Capacitaciones en el Método de la Poligonación para el control del Diseño Geométrico de Carreteras al personal técnico a cargo como son: Ingenieros de Oficina Técnica, Topógrafos, niveladores, etc.
- Capacitaciones en Procedimientos Topográficos en obras lineales a personal en este tipo de trabajos.



## **CAPÍTULO 2**

### **II. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. MARCO FILOSÓFICO O EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

Por la necesidad de profundizar en el conocimiento de la Poligonación para el control del diseño geométrico de carreteras, en la construcción de carreteras como variable independiente y carreteras construidas eficientemente como variable dependiente, surge de la necesidad que implica a la investigación, de conocer las aplicaciones del método propuesto, el cual tiene resultados satisfactorios en la etapa de la ejecución de proyectos de carreteras.

#### **2.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN**

##### **2.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Tesis de la **Universidad Mayor de San Andres – Bolivia**, titulado: **ANÁLISIS DE LAS METODOLOGÍAS EMPLEADAS EN LA GEORREFERENCIACION DE PLANOS TOPOGRÁFICOS AL SISTEMA DE COORDENADAS UTM Y SU**

## **APLICACIÓN EN EL CATASTRO URBANO DEL MUNICIPIO DE LA PAZ – 2016”**

La Investigación realizada para el planteamiento de dicha Tesis, se enfoca en los cálculos numéricos y la aplicación de programas especializados como Autocad Civil 3D, Microstation, Global Mapper, utilizados en determinar los valores reales en coordenadas UTM, la ubicación espacial de un punto en la tierra.

Dichos métodos se aplican entre otros en la Poligonación, ya que necesitamos obtener valores reales y precisos en coordenadas UTM ya sea en el sistema WGS 84 o en PSAD 56, con los cuales se desarrollarán el control Topográfico en la construcción de la Obra.

### **2.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Tesis de la **Universidad Nacional Del Altiplano – Puno**, titulado: **“Optimización del Error Lineal – Angular de la Poligonal Abierta para Control Horizontal en la Carretera Acora – Jayu Jayu – 2018”**

El objetivo general de esta investigación fue la de Minimizar los errores de cierre lineal y angular al realizar una poligonal abierta, en la cual se ha aplicado los diversos conceptos y teorías para el cálculo de la poligonal abierta.

En este caso en particular, a su criterio, el autor realizó el cálculo de los algunos en los vértices de la poligonal por el método de la Trilateración, midiendo en campo con el equipo topografico (Estación Total), las medidas de los lados de

los triángulos formados por los vértices consecuentes en la poligonal abierta, luego de haber calculado la medida de los triángulos procedió a calcular los ángulos de manera trigonométrica.

Tesis de la **Universidad Cesar Vallejo – Trujillo**, titulado: **“Determinar el Grado de Confiabilidad del Levantamiento Topográfico con Dron en la Plaza San Luis – 2017”**.

Dicho trabajo de investigación tiene como objetivo general determinar el grado de confiabilidad del levantamiento topográfico con Dron y su posterior proceso con software especializado, para obtener los puntos de control (red de poligonación abierta y cerrada).

Para obtener resultados satisfactorios, se debe contar con un Equipo Dron de alta resolución y buenas características que permita obtener buenas aerofotografías; las cuales, realizando el post proceso se logra obtener datos E,N, Cota con precisión dentro de lo permisible.

Además, se concluye que el método clásico de realizar poligonales, con equipos topográficos como Estaciones Totales y Gps diferenciales, siguen siendo los métodos más precisos en la actualidad.

Tesis de la **Universidad Cesar Vallejo – Trujillo**, titulado: **“Diseño Para El Mejoramiento De La Carretera Tramo Tres Lagunas – Alto Ventanas, Distrito De Parcoy - Provincia De Pataz – Región La Libertad – 2017”**

En el trabajo de investigación realizado se han enfocado mayormente en el diseño de la carretera según la norma DG – 2014, para lo cual también necesariamente tuvieron que realizar el cálculo de red poligonal abierta de apoyo para el control topográfico en la construcción de la carretera.

### **2.2.3. ANTECEDENTES REGIONALES**

Tesis de la **Universidad Peruana Los Andes – Huancayo**, titulado: **“Determinar Evaluación de la Precisión del Proyecto con el Método Medición del Levantamiento Topográfico con Estación Total Topcon del Coar Chupaca – 2017”**

Tiene por objetivo general determinar el grado de Precisión, alcanzado al utilizar específicamente la Estación total Topcon en la medición de un local en particular (**Coar Chupaca**).

Para dicha determinación de precisión se basan en cálculos, entre los cuales han realizado el cálculo de una **poligonal cerrada** para realizar el levantamiento topográfico en el lugar previsto y luego verificar las medidas por métodos directos como es la medición con wincha, etc.

## 2.3. BASES TEÓRICAS

Dentro de las bases teóricas se presentarán, se mostrarán el contenido mínimo planteado en la investigación.

### 2.3.1. DESCRIPCION GENERAL

#### a.- Método General de la Poligonación.

Una Poligonal es una sucesión enlazada, encadenada de lecturas en radiaciones, donde el objetivo es obtener como resultado final las coordenadas (E, N, Z) de los puntos de estación, en cada vértice de la poligonal.

Comienza en un punto de partida con datos conocidos (E, N, Z) y se enlaza a otro punto también conocido. En el punto inicial y final se contará con un punto adicional de referencia con coordenadas conocidas, como mínimo.

Las estaciones de la poligonal:

- Deben estar enlazadas entre sí (azimutes y distancias),
- Deben ser visibles la precedente con la consecuente,
- Deben poder desempeñar el trabajo para el que se ha diseñado la poligonal, desde los puntos de estación.

Los vértices de la poligonal se usan posteriormente como estaciones, desde los cuales se toman los datos y detalles de los puntos de interés para completar el levantamiento topográfico para diversos fines.

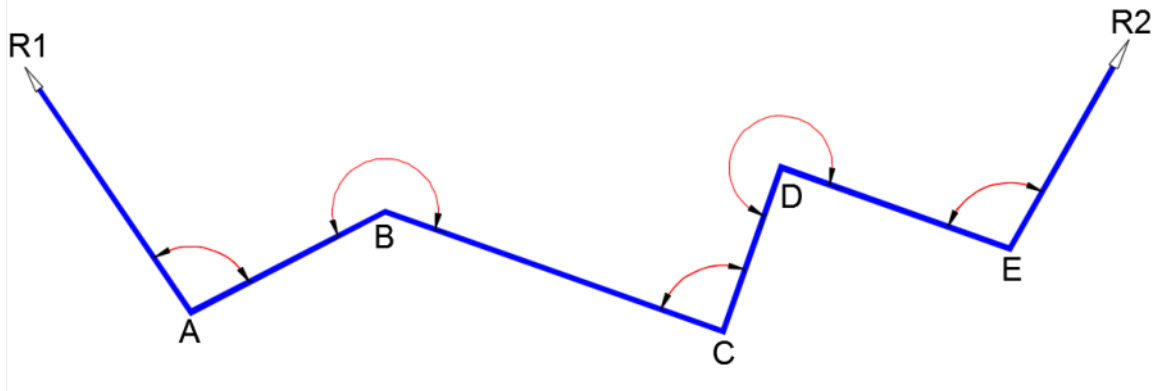


Figura N° 01 - Poligonal

Normalmente, con una poligonal lo que se pretende es situar una serie de puntos B, C, a partir de otro A, previamente conocido, desde el que se dispone de azimutes a direcciones (referencias) también conocidas.

## b.- Clasificación de las Poligonales.

### b.1.-De acuerdo a los puntos de partida y llegada.

#### b.1.1.-Cerrada:

Cuando el punto inicial coincide con el final

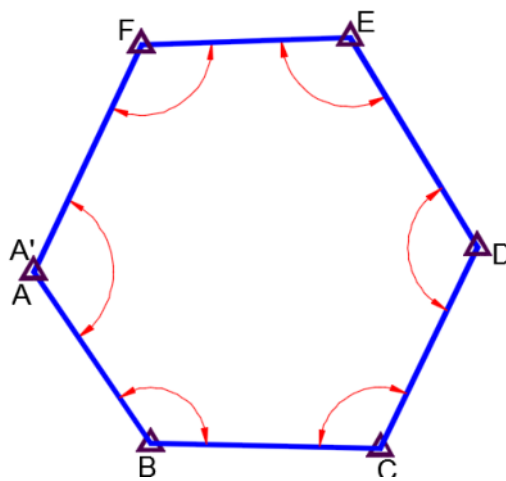


Figura N° 02 – Poligonal Cerrada

### b.1.2.-Abierta:

Cuando el punto inicial no coincide con el final.

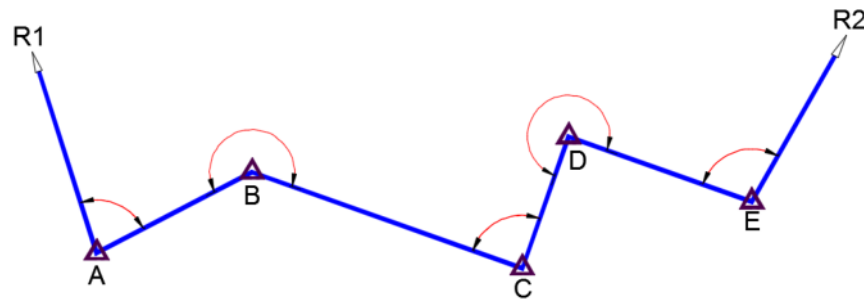


Figura N° 03 – Poligonal Abierta

### b.2.-Por su orientación angular.

#### b.2.1.-Poligonal Orientada.

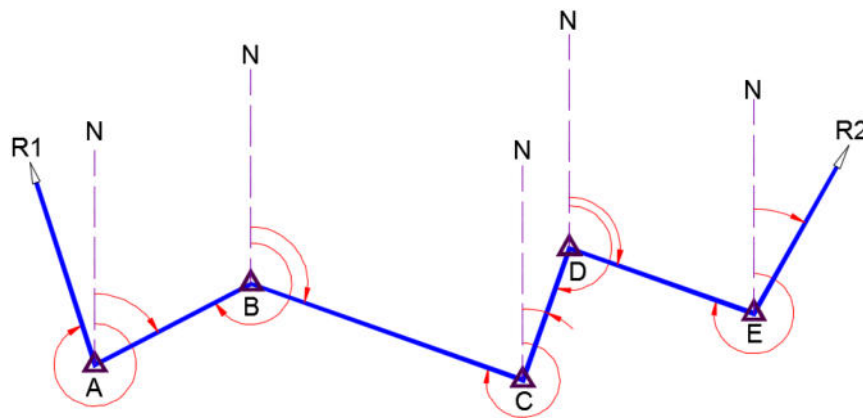


Figura N° 04 – Poligonal Orientada

En una poligonal orientada, el aparato se debe orientar en cada vértice de la poligonal con referencia en este caso al norte.

El equipo topográfico se estaciona en el punto de partida A y se orienta, siendo necesario conocer el azimut A, orientado desde el norte, con una dirección o

rumbo AR1. Seguidamente se visa al punto B, sobre el que se hacen las medidas de ángulos y distancias necesarias para situar dicho punto por radiación. Teniendo ya orientado el instrumento, la lectura azimutal hecha sobre B será el azimut inicial, de la recta AB. Seguidamente se ubica el instrumento en B, la referencia va ser BA ya que el azimut inicial A ya es conocido, por ser el recíproco del Ángulo medido en A. Se procede de la misma manera para los puntos siguientes de la poligonal.

Realizando la comprobación en el procedimiento realizado, ubicando el equipo en E se orienta hacia D con el azimut calculado, se visa en dirección ER2 de azimut conocido con lo cual podemos saber nuestro error de cierre angular de la poligonal.

Se hace necesario corregir en cálculo las desorientaciones situadas en el momento de la observación. Esta operación recibe el nombre referir azimutes al origen.

### **B.2.2.-Poligonal no Orientada.**

En este procedimiento se visan los ángulos desde cada vértice, del anterior al siguiente, con ángulos arbitrarios en el equipo.

Estacionado el equipo en A con un ángulo arbitrario en el equipo se visa a R1. Luego se gira el equipo en dirección de B. El ángulo a la derecha y azimut parcial se conocerá con la diferencia en las lecturas hechas y se podrá conocer el ángulo que la dirección AB forma con la AR1.



Se procede de la misma manera en los vértices siguientes hasta llegar a E, en la cual se visa también a R2 y así saber el ángulo en dicho punto.

Ya tendiendo los ángulos de cada vértice y con los datos del azimut inicial y de llegada se podrá calcular los azimutes de toda la poligonal y saber el error de cierre angular.

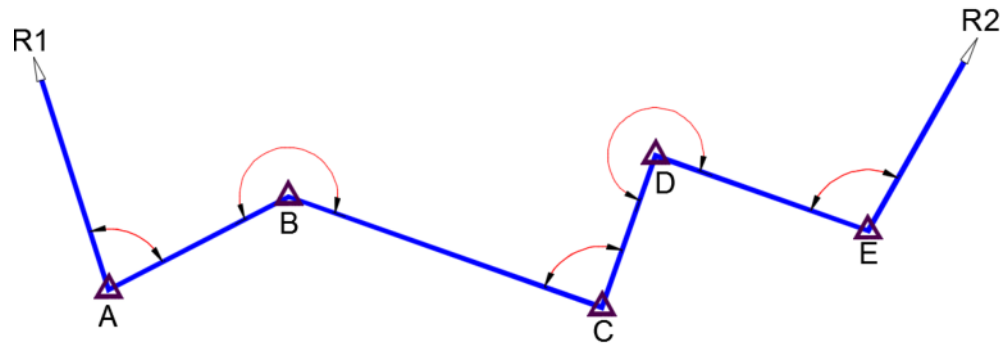


Figura N° 05 – Poligonal no Orientada

### c.- Incertidumbres a priori

#### c.1.- Incertidumbre Transversal.

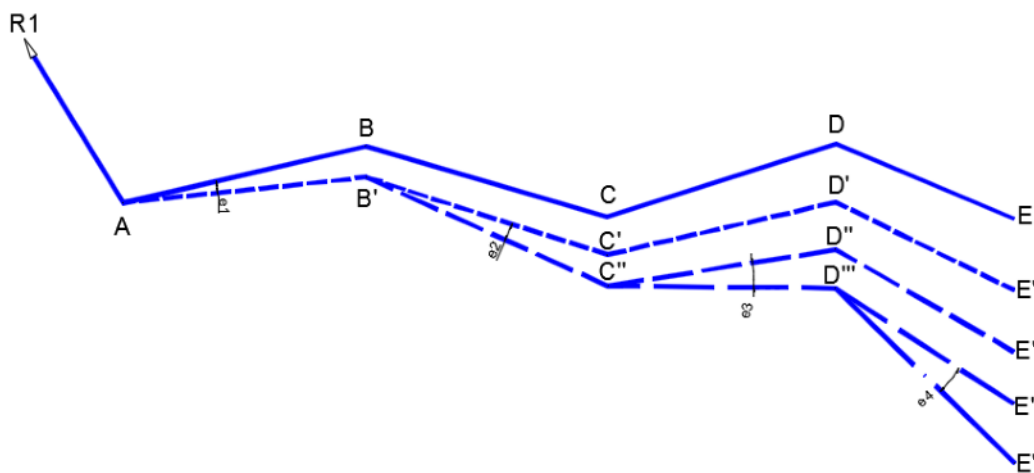


Figura N° 06 – Incertidumbre Transversal

En la medición de ángulos de una poligonal, se comete un error "ei" en una de ellas, y posteriormente no se vuelve a cometer error alguno, y toda la red del polígono gira en A, un ángulo de  $e_1$  y radio AE, lo que provoca que el punto E, se traslada a E'. Se observa que el error ei repercute hasta el final con valores ampliados.

L= longitud total

N= número de tramos.

El desplazamiento EE' se calcula:

$$EE' = AB n e_{[= \frac{L}{n} n_e]}$$

Es posible calcular errores adicionales en lecturas posteriores, aplicando el mismo principio.

## c.2.- Incertidumbre longitudinal

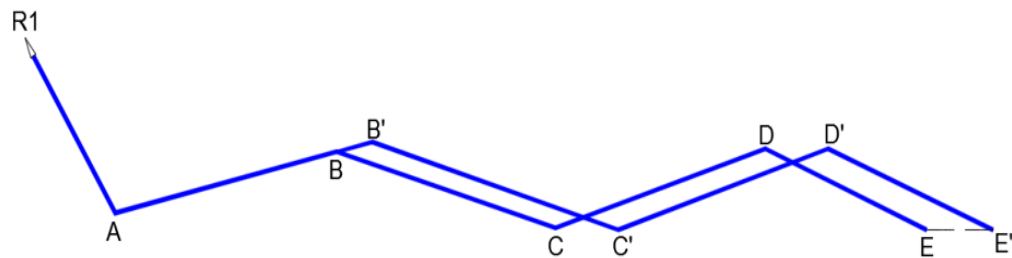


Figura N° 7 – Incertidumbre Longitudinal

En este caso se trata de la longitud y no del ángulo, por consiguiente, el error relativo de tales medidas, es:

L= longitud total del itinerario

N= número de tramos,

Se calcula un error E1:

$$E_1 \leq \frac{L}{n} \varepsilon$$

En n tramos, el error total longitudinal será:

$$E_1 \leq \frac{L}{n} \varepsilon \sqrt{n}$$

## **2.3.2.-METODOLOGÍA DE OBSERVACIÓN**

### **A.- Diseño de la Poligonación**

Los puntos Bases de la poligonal de apoyo deben ir monumentados (Hitos de concreto), ya que dichos puntos se van a utilizar en el control geométrico de la obra, es primordial ubicarlos fuera del área de tránsito peatonal y vehicular al igual que de los equipos pesados. De igual manera debemos asegurarnos que no puedan ser alterados en su ubicación. Si se diera el caso que se alteren o muevan nuestros puntos de control de la poligonal, al realizar los trabajos de replanteo y trazado de los componentes de la obra, encontraríamos errores de ubicación, medidas, desniveles, cálculos volumétricos, etc.

Para garantizar la permanencia e inamovilidad de los puntos, debemos ubicar los puntos en zonas rocosas y estables, en las partes elevadas e inaccesibles. Además de haberlos colocado con concreto, se les debe señalar con pinturas, anotar la descripción del punto sobre el hito, colocar en un área circundante menos a los dos metros un montículo de piedras de altura de 1.5 mts (chutas) y bañarlos de pintura fosforescente para que sea más fácil de ubicar al usarlos como puntos de estación.

Para realizar las mediciones se suelen utilizar equipos topográficos como: taquímetros mecánicos, electrónicos, Estaciones Totales, Gps diferenciales del tipo Geodésico, fotografía N° 1.



Fotografía N°01 – Tipos de Equipos Topográficos.

### **A.1.- Finalidad**

La finalidad es el de obtener las coordenadas compensadas y absolutas de los puntos de la poligonal, siguiendo los procesos y procedimientos establecidos.

La metodología de observación es el método directo (Moinot), el cual consiste en estacionar el taquímetro electro-óptico (estación total, el cual tiene incorporado un distanciometro y un microprocesador sobre un dispositivo electrónico).

Se estaciona en el punto A, se toma referencia hacia el Norte Geográfico o sobre otro punto de referencia, se anota el valor del ángulo horizontal en dicha referencia, luego se gira el equipo con ángulo horizontal hacia la derecha hasta intersectar el punto B de forma directa, seguidamente se procede a lecturar el valor del ángulo horizontal y la medición directa de la distancia en B.

Para completar el ciclo de medición desde la misma estación según la regla de "Bessel", se procede a realizar la lectura inversa y reciproca sobre el punto anterior, el ángulo y la distancia con una observación de una vuelta al horizonte sobre cada estación.

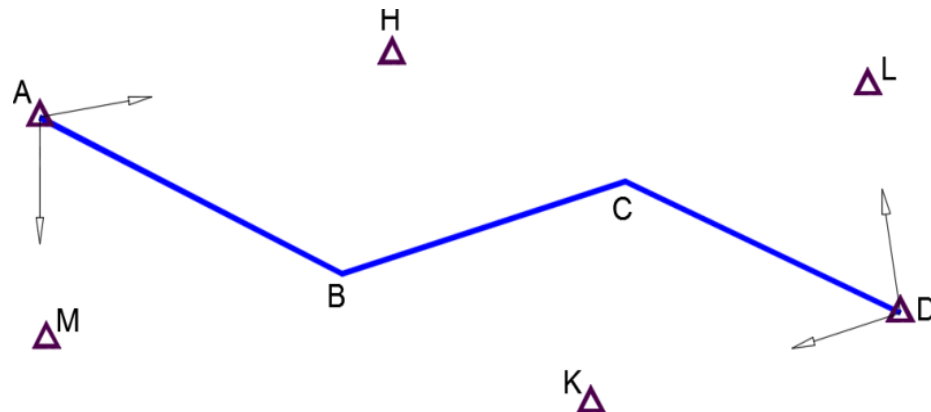


Figura N° 08 – Regla de Bessel

Aplicando el método de vuelta al horizonte iniciando por el punto A de la poligonal y siguiendo por cada estación, observaran los ángulos y/o distancias de los puntos ya sean de puntos conocidos medidos anteriormente y necesariamente de los puntos de la poligonal del cual realizaremos el cálculo de coordenadas.

En el siguiente grafico se muestra lo mencionado:

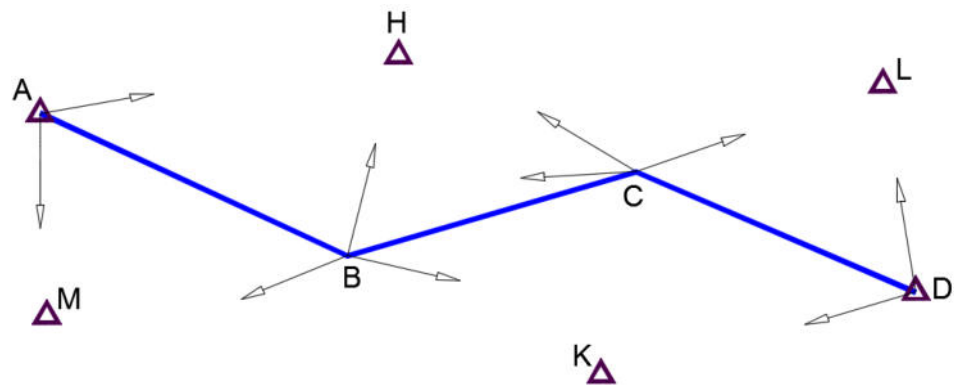


Figura N° 09 – Medición de Ángulos y Distancias

Se conocen métodos auxiliares de medición tales como como:

Método de Porro, Método de Villani, Método de comprobaciones angulares, Método de comprobaciones sucesivas.

Se recomienda hacer las mediciones de la poligonal en lo posible con una tribrach el cual es una base nivelante, placa de fijación sobre un trípode convencional, el cual garantiza mayor precisión milimétrica.



Base Nivelante (Tribrach)  
Fotografía N° 02



Tribrach sobre un Trípode  
Fotografía N° 03

### 2.3.3.- MÉTODO DE CÁLCULO Y COMPENSACIÓN DE LAS COORDENADAS DE LA POLIGONAL.

Dependiendo del tipo de poligonal, abierta o cerrada, con control o sin control, son necesarios contar con los siguientes datos:

- Coordenadas del punto inicial A ( $X_a, Y_a, Z_a$ )
- Azimut de la recta, segmento o lado inicial del polígono y/o referencia  $Z_i$ .
- Coordenadas del punto final N ( $X_n, Y_n, Z_n$ )
- Azimut del lado final del polígono  $Z_f$ .

En los trabajos de campo se han obtenido los siguientes datos:

- Ángulos internos a la derecha de cada vértice de la poligonal.
- Distancias horizontales de los lados, de ida y vuelta.

Realizando los cálculos según los procedimientos establecidos, obtenemos las coordenadas (X, Y) de los vértices de la poligonal, en los cuales nos hemos estacionado. La coordenada Z (altimetría), se obtiene con una red de nivelación de ida y vuelta procedente desde el punto geodésico conocido, el cual cuenta con sus coordenadas (X, Y, Z) con precisión milimétrica y enlazada a la red nacional geodésica.



## A) CÁLCULO DE AZIMUTES COMPENSADOS.

El procedimiento contempla: Corrida de azimutes, obtención del error de cierre angular, azimutal.

- **La Corrida de Azimuts** se realizará por la ley de propagación de Azimuts que se aplica indistintamente en polígonos abiertas y cerradas:

Zf = Azimut final
-------------------

Zi = Azimut inicial
---------------------

$Z_f = Z_i + \text{ANG. DERECHA} + - 180^\circ$
---

Condiciones:

Si: Suma $> 180^\circ$ , se resta $180^\circ$
---

Si: Suma $< 180^\circ$ , se suma $180^\circ$
--

Si: Suma $> 540^\circ$ , se resta $540^\circ$
---

- **Obtención del error de cierre angular, azimutal.** En el método clásico de cálculo de poligonal, se deben verificar los siguientes:

- Para los **polígonos abiertos**, el error de cierre angular (azimutal) resultara de la resta:

**Error Angular= Azimut final calculado - Azimut final medido.**

- Para **polígonos cerrados**, el error de cierre angular resultara de:

**Error de Cierre Angular=  $\sum$  Teórica Ángulos internos -  $\sum$  Ángulos medidos en campo.**

### **Tolerancia de Cierre Angular.**

Para determinar si se prosigue con los cálculos o se volverán a realizar, se verifica la tolerancia y valor obtenido, y saber si estamos dentro o fuera del rango.

Para proceder con la compensación, mediante la siguiente fórmula se calculará la tolerancia angular:

$$\text{Error Máximo Permitido} = \pm X \cdot \sqrt{n}$$

Donde:

X = Precisión del instrumento.

n = Número de vértices de la poligonal.

Este valor es el error máximo o tolerable que podrá admitirse en el error de cierre.

### **Compensación del error de cierre angular.**

Después de haber verificado el error de cierre angular en la poligonal y su tolerancia, se debe compensar los ángulos medidos y calculados en campo inicialmente.

En el caso de una poligonal abierta, los cálculos se harán con los azimuts calculado y medido.

Para corregir el error de cierre angular y proceder con la compensación, se reparte equitativamente el error entre todos los ángulos de la poligonal.

## TIPOS DE CONTROL DEL ERROR DE CIERRE:

### Determinación del error de cierre de la poligonal sin cálculo de azimutes

Utilizado mayormente para poligonales cerradas, se puede determinar el error de cierre de la poligonal con las mediciones hechas en campo.

Se verá inicialmente el caso, cuando el inicial y final de la poligonal, son visibles entre sí.

Hay tres casos a considerar, si la poligonal se encuentra a la derecha (fig. 10.), a la izquierda (fig. 11.) de la visual que existe entre el punto inicial y final del polígono, o se cruce con ella (fig. 12).

**El primer caso**, cuando los lados de la poligonal se encuentran al lado derecho de la visual, los ángulos medidos serán los interiores del polígono ABCDE (fig. 10.), la sumatoria de ángulos interiores viene dado por la fórmula siguiente:

$$\sum \alpha = 180^\circ(n - 2)$$

Siendo n el número de vértices del polígono.

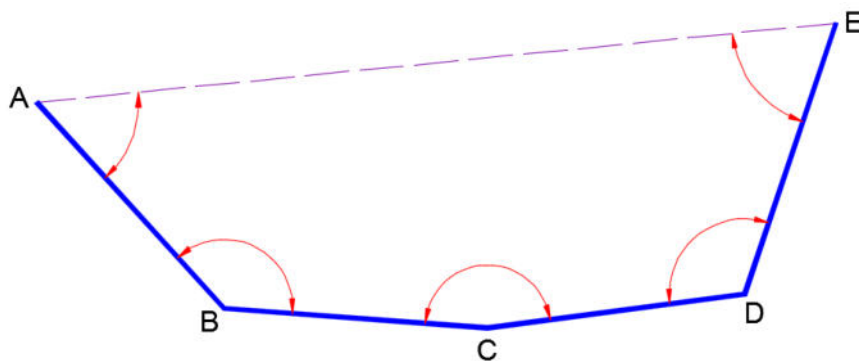


Figura N° 10

**El segundo caso**, cuando la poligonal se encuentra al lado izquierdo de la visual final AE (fig. 11.), los ángulos a medir serán los exteriores del polígono, y al desarrollar la sumatoria de los ángulos exteriores, se hará con la diferencia del  $360^\circ$  menos el interior y esta sumatoria será igual a la sumatoria de ángulos interiores:

$$360 - A + 360 - B + 360 - C + 360 - D + 360 - E = 180 \cdot (n - 2)$$

$$n \cdot 360 - 180 \cdot (n - 2) = A + B + C + D + E$$

$$n \cdot (360 - 180) + 360 = A + B + C + D + E$$

$$180 \cdot (n + 2) = A + B + C + D + E$$

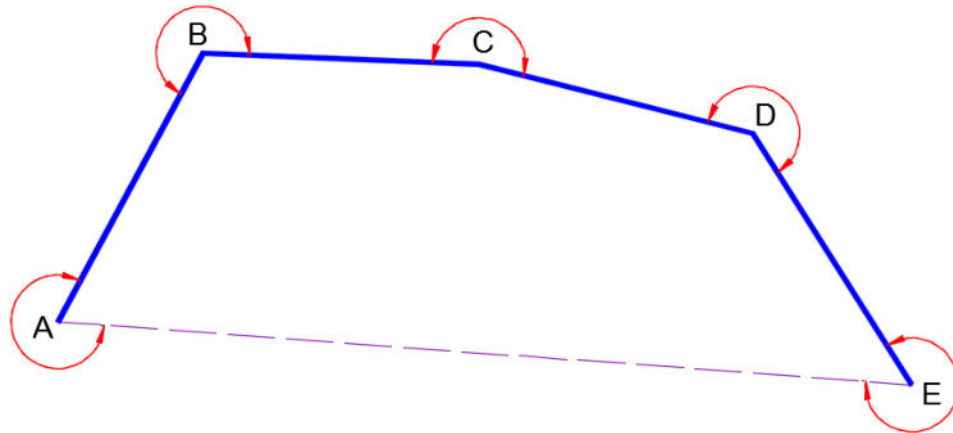


Figura N° 11

$$\sum \alpha = 180^\circ \cdot (n + 2)$$

**El tercer caso**, cuando se cruce con la última visual de la línea AE (fig. 12). Se medirán los ángulos interiores A, B, C y las exteriores D, E y F.

De acuerdo a lo que se ha planteado en los casos anteriores se concluye que la suma  $S'$ , de los ángulos interiores del primer polígono, será:

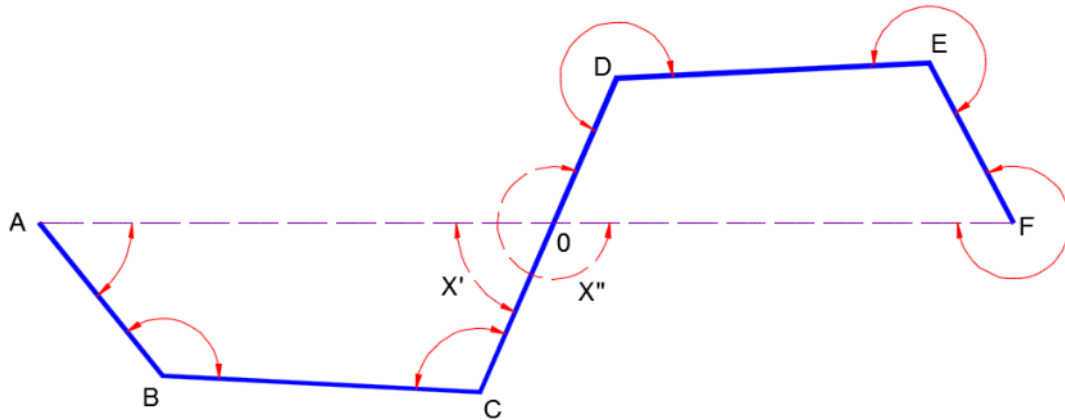


Figura N° 12

Asignando a  $n'$  el número de estaciones propias de la poligonal a la derecha, y teniendo en cuenta que el ángulo  $x'$ , que se forma en O, no pertenece a la poligonal.

De la misma manera, la suma  $S''$ , de los ángulos exteriores de la segunda valdrá:

$$S'' = (n'' + 1 + 2) \cdot 180^\circ - x''$$

Siendo  $n''$  los lados de la poligonal a la izquierda de la última visual y  $x''$  el ángulo que también forma en O.

La sumatoria S de ambos lados será:

$$S = S' = S'' (n' - 1) \cdot 180^\circ - x' + (n'' + 3) \cdot 180^\circ - x'' = (n' + n'' + 2) \cdot 180^\circ - (x' + x'')$$

Y además:

$$n' + n'' = n$$

$$x' + x'' = 360^\circ$$

Se obtiene al final:

$$\sum \alpha = n \cdot 180^\circ$$

Se ha observado que en cualquier caso que se pueda presentar, la sumatoria de los ángulos internos, siempre es múltiplo de  $180^\circ$ , y los valores que se puedan obtener por demás o inferiores, van a ser el error de cierre angular.

## B) CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LOS EJES DE LA POLIGONAL.

Cuando se realiza la medición de la poligonal, se observan las distancias y ángulos de cada uno de los lados y vértices, desde cada estación se miden la distancia de ida y de vuelta para cada lado.

Al contar con dos mediciones de cada lado, se calculará el promedio de ellas cumpliéndose la condición:

$$T = e_D \cdot \sqrt{2}.$$

$$D_{rA}^B - D_{rB}^A \leq e_D \cdot \sqrt{2}$$

## C) CÁLCULO DE PROYECCIONES (X, Y)

Luego de haber compensado los azimutes de todos los lados de la poligonal y de haber promediado las distancias reducidas, ya se podrá calcular los componentes de la poligonal.

Las proyecciones parciales en E y N se calcularán con las siguientes expresiones:

$$x'_A{}^B = D_{rB}^A \operatorname{sen} \theta_A^B$$

$$y'_A{}^B = D_{rA}^B \operatorname{cos} \theta_A^B$$

De la misma manera, el segundo tramo se calculará por:

$$x'_B = D_{rB}^C \operatorname{sen} \theta_B^C$$

$$y'_B = D_{rB}^C \operatorname{cos} \theta_A^B$$

Al sumarse todas las proyecciones parciales sucesivas a largo de los lados de la poligonal, se obtendrán las coordenadas parciales,  $X_a$  y  $Y_a$  del último punto de la poligonal.

A consecuencia de errores correlativos y acumulados, las coordenadas parciales no son los mismos a los calculados o a los datos con los que se cuentan inicialmente:

$$x_A^E = X_E - X_A$$

$$y_A^E = Y_E - Y_A$$

El error de cierre de la poligonal se define por la diferencia:

$$e_x = x_A^E - (X_A^E) \text{DATO}$$

$$e_y = y_A^E - (y_A^E) \text{DATO}$$

#### **D) TOLERANCIA DE LOS ERRORES EN X E Y ( $e_x$ , $e_y$ ).**

Se determinará una poligonal dentro de la tolerancia al calcular los errores de cierre en X, Y. El valor calculado no debe superar el error longitudinal y/o transversal.

$$e = \sqrt{e_x^2 + e_y^2} \leq E_T \text{ o } E_L$$

Si se conoce la precisión de las coordenadas de los vértices inicial y final, podrá considerarse como tolerancia.

$$e_{xyB,C} = \sqrt{e_{xyA}^2 + e_{Poligonación}^2 + e_{xyD}^2}$$

## E) COMPENSACIÓN DE LAS COORDENADAS

La compensación por los métodos clásicos, consisten en distribuir el error de cierre, con criterios geométricos de fácil aplicación.

Existen en la actualidad softwares aplicativos basados en ajustes mínimo cuadráticos, basados en criterios estadísticos para los cálculos de coordenadas finales.

Existen dos formas diferentes de aplicar este método:

- Método de observaciones indirectas o de variación de coordenadas.
- Método de ecuaciones de condición.

Las ventajas que aportan estos métodos son:

- Brindan soluciones estadísticas más asertivas.
- Las estimaciones estadísticas de precisión de la solución.
- Nos permite validaciones de estimaciones de errores a priori.

## MÉTODO TRADICIONAL DE COMPENSACIÓN.

Se consideran dos casos en la compensación de coordenadas:

- 1.- La primera condición es si la incertidumbre longitudinal es menor o igual a la transversal.**

$$E_L \leq E_T$$

$$\sqrt{e_x^2 + e_y^2} \leq E_T$$



Se procede a efectuar una compensación proporcional a las distancias por el método de Bowditch.

El método Bowditch considera los siguientes:

- Los ángulos y distancias han sido medidos con igual precisión.
- El error tiene una proporción directa a la distancia.
- La corrección de las proyecciones será proporcional a los lados.

## **2.- Si la Incertidumbre longitudinal es mayor que la transversal.**

En este caso, las compensaciones serán en proporción a las coordenadas parciales.

$$C_{x1}^2 = \frac{-e_x}{\sum|\Delta x|} \left| \Delta x \frac{2}{1} \right|$$

$$C_{y1}^2 = \frac{-e_y}{\sum|\Delta y|} \left| \Delta y \frac{2}{1} \right|$$

## **OTROS CRITERIOS DE COMPENSACIÓN.**

### **Método de Sanguet**

Sólo se puede aplicar en poligonales rectilíneas. En lugar de realizar la compensación en secuencia, iniciando por el azimut y luego las distancias, el referido método realiza la compensación de manera conjunta, realizando el cálculo del giro y homotecia que implica la coincidencia de los puntos inicial y final.

Con la finalidad que un punto E" coincida con E, se alteran las medidas de los tramos proporcionalmente, sin variar los ángulos, dando el centro de homotecia A.

Se calcularán las coordenadas con la expresión:

$$X \text{ Compensada} = x + ey + \sphericalangle x$$

$$y \text{ Compensada} = y + ex + \sphericalangle y$$

$$e = - \frac{e_x \sum y - e_y \sum x}{(\sum x)^2 + (\sum y)^2}$$

$$\sphericalangle = - \frac{e_x \sum x - e_y \sum y}{(\sum x)^2 + (\sum y)^2}$$

Donde x representa la coordenada parcial (eje de abscisas) de un tramo genérico:

## F) CÁLCULO DE COORDENADAS GENERALES.

Seguidamente después de haber obtenido las coordenadas parciales ya compensadas en los tramos de toda la poligonal, se procede a calcular las coordenadas generales o absolutas de cada vértice de la poligonal, para esto la suma será sucesiva de los incrementos para las coordenadas compensadas.

$$X_B = X_A + X_A^B$$

$$Y_B = Y_A + y_A^B$$

## G) ANÁLISIS DE LA PRECISIÓN OBTENIDA.

Para realizar la verificación de la precisión de las coordenadas obtenidas en la poligonal, se analizará las componentes cuadráticas en las variables que intervienen: estos son los puntos ya conocidos previamente que cuentan con coordenadas geodésicas establecidas con GPS diferencial por precisión milimétrica.

## H) COMPENSACIÓN Y OBTENCIÓN DE COORDENADAS AJUSTADAS Y PRECISIONES POR MMCC

Es el método de aplicación sistematizada en la actualidad, por el que se resuelven los cálculos en Topografía incluyendo a las poligonales abiertas y cerradas.

Con la finalidad de crear e implantar puntos nuevos con precisión milimétrica para usarlos en diversos trabajos, es de necesidad compensarlos, considerando todas sus implicancias cuadráticas. Seguimos la secuencia observada en las visuales de nuestro ejemplo (fig. N° 13):

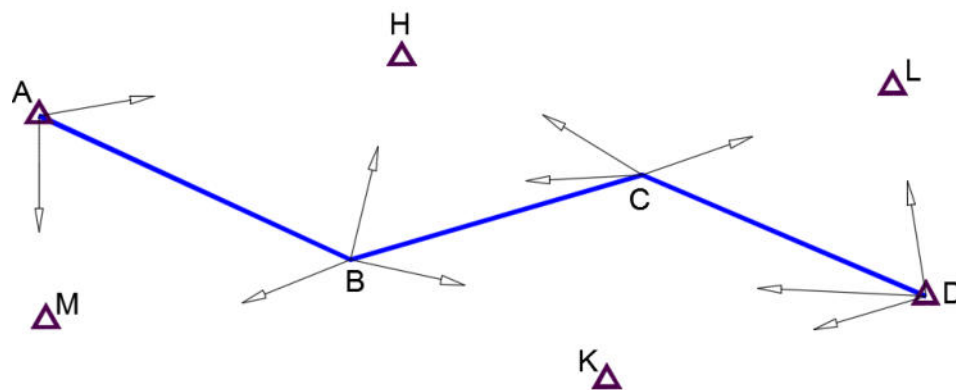


Figura N° 13

Con todas ellas se procede a calcular las ecuaciones de observación angulares y de distancia, según el modelo planteado.

La variación de coordenadas de los vértices B y C serán las incógnitas buscadas, basándose a los cálculos y aproximaciones realizadas por el método tradicional se resolverá el sistema llegando a obtener coordenadas definitivas a partir de matrices varianza - covarianza.

#### **2.3.4. LOCALIZACIÓN DE FALTAS O EQUIVOCACIONES.**

Al llevar a cabo la medición, observación y cálculo de los componentes de la poligonal se suelen cometer algunos errores. Estas pueden ser:

- a) Error en la medición de los ángulos internos, externos de la poligonal.
- b) Error de cierre azimutal tolerable y aun considerando lo dicho existe un error de cierre en X o Y ya llevado a cabo los cálculos y ajuste finales de ángulos, distancias y coordenadas.
- c) Error causado por la equivocación en el signo de alguna coordenada parcial.
- d) Error cuando se intercambian las coordenadas de un vértice por el de otro.

Se debe tener bastante cuidado en efectuar los procedimientos topográficos de los puntos señalados para evitar resultados fuera del rango de lo permisible y no coherentes.

### 2.3.5. CÁLCULO DE POLIGONALES EN COORDENADAS UTM

En los procedimientos y cálculos de la poligonación se han medido ángulos y distancias, por un lado, también es necesario desarrollar una red de nivelación trigonométrica de ida y vuelta para determinar el desnivel (altimetría) entre cada uno de los puntos vértices de la poligonal.

En el caso de los ángulos, se realizarán por diferencias de lecturas azimutales de frente menos espalda, de esta manera podremos obtener los ángulos de la poligonal. Con estos datos será posible calcular las orientaciones y azimuts de los lados (ejes).

Será necesario reducir las distancias observadas a la proyección UTM para calcular las longitudes de los lados de la poligonal. Para lo cual, se debe medir la distancia geométrica en cada punto donde ha estacionado, se promediará las mediciones de la distancia directa y recíproca siempre que sean tolerables.

Imaginemos que hemos medido la distancia entre los puntos 1 y 2, con un equipo topográfico digital (distanciómetro), se denominará distancia observada = D. La reducción al horizonte se hará con la siguiente fórmula:

$$D_{GA}^B = \sqrt{[(m_B - i_A)^2 + (D_A^B)^2 - 2(m_B - i_A)(D_A^B \cos V_A^B)]}$$

Así se elimina la influencia en las observaciones la altura del aparato y de la señal en las que se han realizado la visación con el aparato Distanciómetro. Se debe tener especial cuidado en las visuales ascendentes y descendentes.

Siendo condición que la diferencia entre la distancia directa y recíproca sea tolerable:

$$D_{GA}^B - D_{GA}^A = \Delta D \leq T$$

Hallaremos el promedio;

$$\bar{D}_{GA}^B = (D_{GA}^B + D_{GA}^A)/2$$

Esta será la distancia reducida a la proyección, calculada con la siguiente expresión:

$$D_{UTM} = K \sqrt{\left( \frac{\bar{D}_G^2 - \Delta h^2}{1 + \frac{h_1}{R}} \right)} \left( 1 + \frac{h_2}{R} \right)$$

En la cual  $h_1$  y  $h_2$ , son las cotas de los puntos 1 y 2 respectivamente, y  $\Delta h$  es la diferencia entre ambas.  $R$  es el radio de la Tierra, dicho valor es de 6370 km. Tener como dato las coordenadas U.T.M. del punto inicial (vértice inicial) es necesario para calcular las coordenadas de todos los vértices con las fórmulas ya anotadas, tomando en cuenta y respetando las tolerancias para cada caso.

### 2.3.6.-OTROS MÉTODOS EN POLIGONACIÓN

- Itinerarios concurrentes en un punto: punto nodal.

#### - CÁLCULO DE ITINERARIOS CONCURRENTES EN UN PUNTO

Hay casos en los que se presenta la necesidad de plantear más de un itinerario, y será un itinerario concurrente a un punto conocido, a este punto se le conoce como Punto Nodal.

Este tipo de poligonales e itinerarios son comunes en levantamientos catastrales en zonas urbanas. Las normas básicas de diseño son:

- Las líneas, lados entre las poligonales concurrentes no se deben cruzar.
- Las distancias y longitudes de cada lado de la poligonal deben ser homogénea una con otra. De no ser posible la homogeneidad de los lados de las poligonales concurrentes, se debe realizar poligonales principales con ejes (lados) largos y otras secundarias con ejes cortos que se apoyaran al polígono principal.

Se puede observar en la figura N° 18, el punto nodal P en el cual convergen ramales, itinerarios, poligonales primarias y/o secundarias. Se puede asumir por ejemplo que la poligonal abierta AEFPMND es el principal, en el punto P ya se tiene sus coordenadas compensadas y precisamente en este punto es en donde van a converger las poligonales que vienen de los puntos B y C.

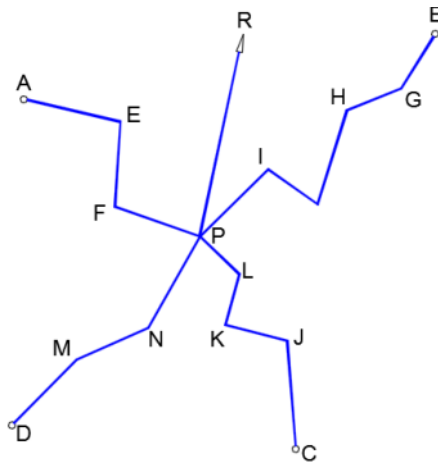


Figura N° 14

Los procedimientos a realizar para el cálculo del punto nodal serán:

- a) Se debe elegir la referencia (punto o vértice) en una de las poligonales que se han calculado y que van a converger en un punto nodal.
- b) Calcular y propagar los azimuts en cada polígono hasta llegar al azimut de cierre.
- c) Una vez obtenido los azimuts de los lados de la poligonal, se deberá calcular la media ponderada para el lado de cierre o referencia, considerando para los pesos que sean inversamente proporcionales al número de ángulos medidos en cada poligonal.
- d) Realizar la compensación azimutal de los polígonos e itinerarios con los valores calculados para los lados de referencia y cierre.
- e) Realizar el cálculo de las coordenadas absolutas en el punto nodal en cada itinerario y polígono.
- f) Realizar el Cálculo de la media ponderada en las abscisas y ordenadas del punto nodal, considerando los pesos inversamente proporcionales a la distancia entre los itinerarios o al número de vértices según los casos.

### **2.3.7. MÉTODOS COMPLEMENTARIOS.**

Cuando no se hayan logrado conseguir cubrir toda el área de interés, donde se van a realizar los trabajos proyectados, y observando las necesidades se requieren plantear otros puntos de control dentro de la red básica de la poligonal. Para estos casos se debe recurrir a densificar puntos en la red de poligonación, estacando y monumentando puntos intermedios alineados entre los puntos principales de la poligonal ya calculada.



Dichos puntos destacados son radiados de la poligonal principal, con dos repeticiones desde dos puntos diferentes (vértices de la poligonal) para ser considerado como tal. Los puntos implantados llegarán a ser parte de la base de apoyo principal del control topográfico en las obras y proyectos de interés.

Se debe considerar que, al haber realizado una doble lectura desde dos puntos diferentes, se va conseguir una mayor precisión en los puntos implantados.

Las lecturas desde puntos que forman parte la poligonal se considerará sólo hasta las  $2/3$  de la distancia media ponderada. Por ejemplo, no podría radiarse un punto a 500 metros en una poligonal con medidas medias de sus tramos de 200 metros.

Los puntos destacados de esta manera permitirán abarcar lugares específicos donde se podrá instalar puntos con coordenadas conocidas y principalmente sin aumentar lados a la poligonal principal.

El cálculo de la poligonal tradicional en la actualidad se ha establecido como pauta fundamental en los trabajos previos al inicio de diversos proyectos y obras, por lo que compañías grandes lo han considerado en sus procedimientos de trabajo.

En la actualidad se cuenta con diversos softwares aplicativos para tal fin, los cuales se basan en cálculos mínimos cuadráticos estadísticos en la compensación de poligonales y establecer las coordenadas finales absolutas de los puntos de control en las obras y proyectos.

### **2.3.8. DOCUMENTOS TÉCNICOS NECESARIOS PARA EL PROYECTO DE POLIGONACIÓN EN CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS.**

Para iniciar un proyecto de construcción de carreteras, en base a la topografía, son necesarios contemplar los siguientes documentos técnicos:

- Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018
- Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para construcción.
- Reglamento Nacional de Gestión de infraestructura Vial.

De igual manera, para la elaboración del estudio definitivo del proyecto de carretera, serán necesarios estudios previos en distintas disciplinas:

- Estudio Topográfico, trazo y diseño vial.
- Estudio Geológico.
- Estudio Geotécnico.
- Estudio Hidrológico.
- Estudio de Suelos
- Estudio de Tráfico y de Cargas.

## CAPÍTULO 3

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación que se ha empleado en este trabajo es del tipo descriptivo, cuantitativo y aplicativo con la finalidad de verificar lo expuesto en la hipótesis.

#### UNIDAD DE ANÁLISIS

En nuestra investigación se han considerado en síntesis los siguientes campos, los cuales son los errores más comunes:

**Tabla 26. Unidades de Análisis**

<b>Factores que Intervienen:</b>	<b>Debilidades Identificadas:</b>
Recurso humano	- Procedimientos empleados en la observación, 2 casos de poligonales (Abierta y Cerrada).
Equipos (Instrumentos)	- Calibración. - Medición en metros, centímetros y milímetros. - Nivel de Precisión en grados ( $^{\circ}$ , ', " ), metros (mts) y milímetros (mm).
Técnicas de trabajo	- Omisión de procedimientos correctos. - Observaciones en vértices de poligonal, ángulos ( $^{\circ}$ ) y distancias (mts, mm)

**Cuadro N° 1 – Unidades de Análisis.**

### 3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO

En nuestra investigación hemos observado dos proyectos en las cuales se han aplicado estos criterios de poligonación.

La población en estudio en orden cronológico sería:

- **Primer proyecto – (Poligonal Cerrada):** Ejecución de la Obra: “CONSTRUCCION DE ACCESOS INTERNOS, RECRECIMIENTO DE PRESA DE RELAVES, CANAL DE DERIVACION, DIQUE DE DESVIO Y OBRAS CONEXAS- ANDAYCHAGUA ALTO - VOLCAN CIA MINERA”, año 2011, Unidad Minera Andaychagua Compañía Minera Volcan S.A.A, Distrito de Huay-Huay, Provincia de Yauli, Departamento de Junín.

En dicho proyecto se consideraron para la poligonal cerrada 8 vértices o nudos (puntos de control), involucrando un área de 918320.262 m<sup>2</sup>; 91.832 Has, y un perímetro de la poligonal 4349.910 ml.

- **Segundo Proyecto – (Poligonal Abierta):** Ejecución de la Obra: Carretera Chupuro a Huasicancha, en su primera etapa; Chupuro a Vista alegre que comprende 35.039 km, ubicado en provincia de Huancayo, región Junín.

Se ha planteado una red poligonal abierta con 22 puntos de control, vértices, en una longitud de 18 Km más 452.05 mts, en cuyos extremos se colocaron 4 puntos con GPS-D.

### 3.3. TAMAÑO DE MUESTRA

En la obtención de muestras para nuestro caso, de vértices recolectados, realizados con Equipos Topográficos (Estación Total), se considerará la siguiente expresión:

Población (N)= Numero de vértices.

Muestra (n)= Para la estimación de tamaño de muestra, usaremos el modelo matemático de muestreo aleatorio para proporciones.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * N + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

- N = Total de Población.
- $Z_{\alpha}^2 = 1.96^2$ , nivel de confianza del 95%.
- $p$  = proporción esperada (en este caso 10%)
- $q = 1 - p$  (en este caso  $1 - 0.1 = 0.90$ )
- $d$  = precisión (en este caso deseamos de un 5%)

Durante el proceso a realizar se obtendrá tamaños de muestra en unidades milimétricas, con un nivel de seguridad de 95 % y un error de 4 ppm.

En la selección de muestra, en nuestro caso los puntos vértices de las poligonales, se ha procurado y por procedimiento, colocar los puntos de control de la poligonal en lugares idóneos, fuera del alcance del tránsito vehicular y peatonal, con buena visibilidad hacia los lugares de trabajo, que sean seguras y no corran el riesgo de perderse.

Por norma mencionada en el Manual Diseño Geométrico de Carreteras DG - 2018, los puntos base de poligonales se colocan en un rango de entre 500 a 1000 mts a lo largo de la carretera, con buena visibilidad entre ellas y respetando y buscando la simetría

### **3.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

La recolección de datos es el pilar de la investigación. En nuestro proyecto este procedimiento se realizó en campo con equipos topográficos.

He considerado en los dos casos descritos, el uso de equipos Estación Total, el cual es un equipo versátil y dependiendo de las características del equipo y la metodología usada, brindan un alto grado de precisión.

Basándonos en el método tradicional de poligonación que es el método que hemos contemplando en este proyecto de investigación, la técnica de recolección de datos es el de medición de ángulos y distancias, como se muestra en la Fig. N° 20.

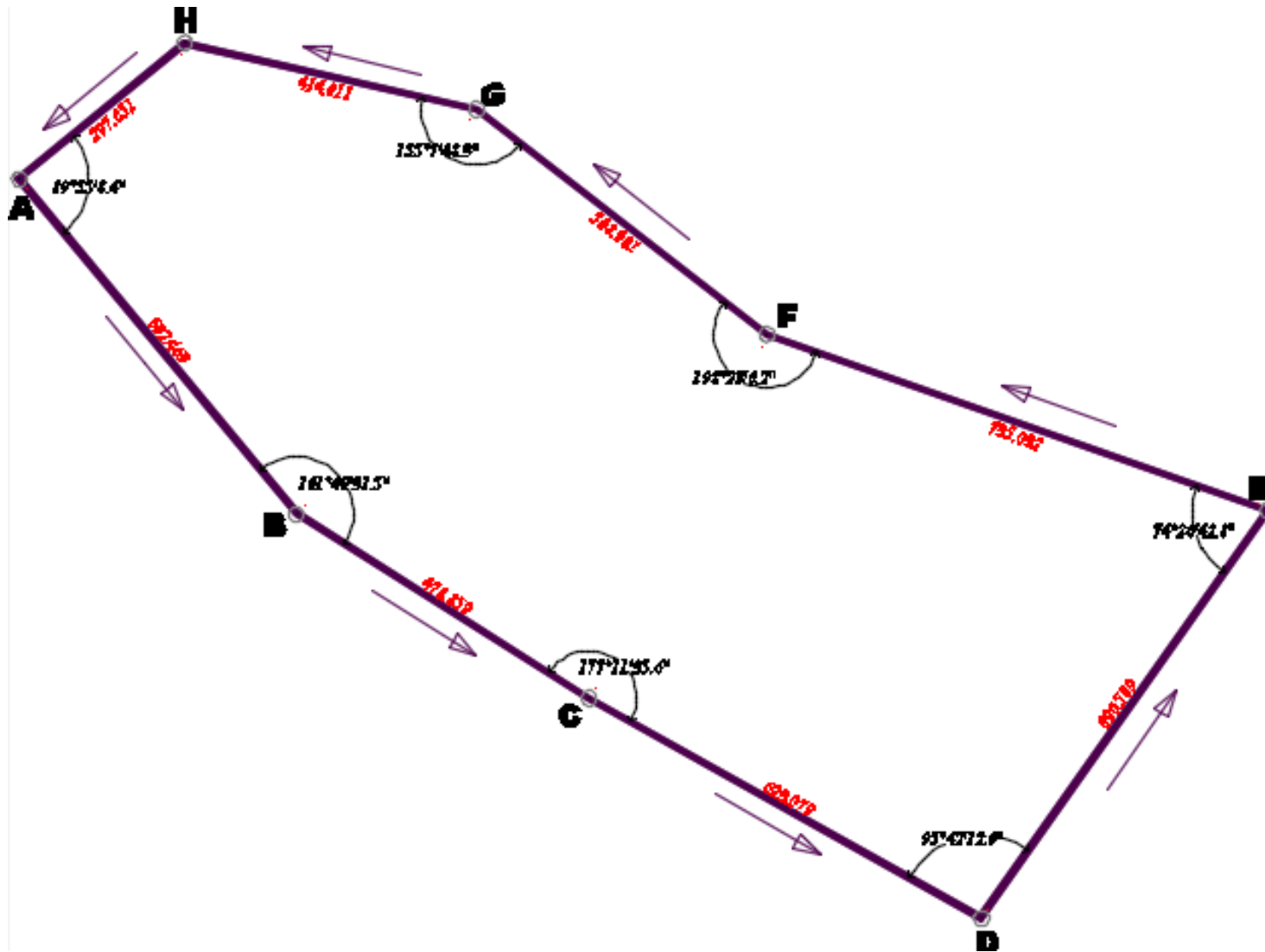


Figura N° 15 – Ángulos y Distancias Poligonal Cerrada.

El proceso de recolección de datos es el siguiente:

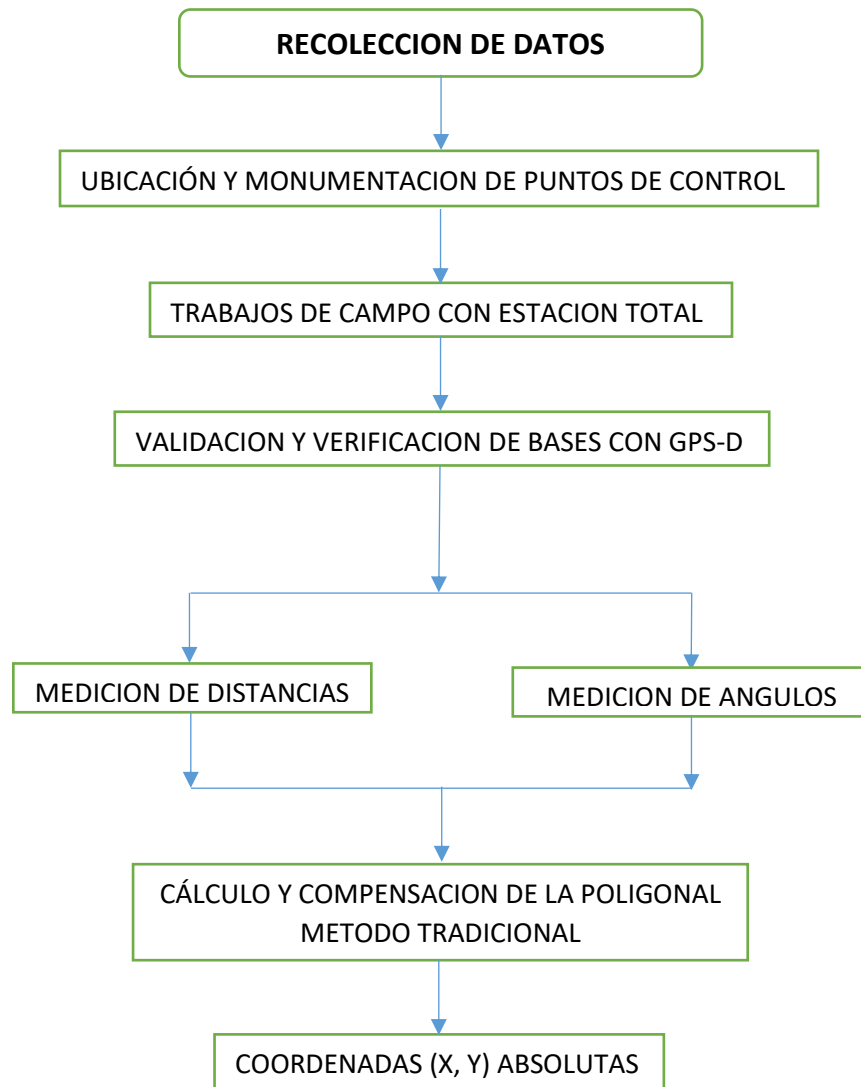


Figura N° 16 – Proceso de Recolección de Datos.

En nuestra investigación, la recolección de datos topográficos en campo es de vital importancia y tiene como objetivo realizar las mediciones de ángulos y distancias para luego con cálculos previos, representarlos en forma gráfica los polígonos en planos a escalas determinadas.



De acuerdo a los procedimientos para el cálculo y compensación de poligonales ya descritos en la parte teórica y en los casos reales expuestos; en forma genérica y resumida podemos nombrar los pasos que hemos seguido al realizar nuestra investigación.

Estas son la secuencia primordial:

- Reconocimiento del terreno.
- Verificación y validación de puntos geodésicos con GPS-D.
- Establecimiento de puntos de control (vértices de la poligonal)
  - Elección de lugares ideales y propicios.
  - Monumentación de hitos en los vértices de la poligonal.
- Recolección y obtención de datos de campo.
  - Medición de distancias de los lados de la poligonal con Estación Total.
  - Medición de ángulos en los vértices de la poligonal con Estación Total.
- Procesamiento de datos con programas propios de los equipos topográficos como: Topconlink, Topograph, programas de dibujo como el Autocad Civil 3D y hojas de cálculo en Excel.

## CAPÍTULO 4

### IV. DESARROLLO DE TEMA

He desarrollado poligonales en dos proyectos distintos. A continuación, el detalle de cada uno:

#### 4.1. CÁLCULO DE LA POLIGONAL ABIERTA

La primera se trata de la carretera Chupuro a Huasicancha, en su primera etapa; Chupuro a Vista alegre que comprende 35.039 km, codificada como ruta Departamental; clasificada por su demanda como carretera de tercera clase (IMDA= Índice Medio Diario Anual) menores a 400 veh/día; y orográficamente clasificada en dos tramos:

- Desde la 0+000 al 18+180: Tipo 3 – Terreno Accidentado.
- Desde la 18+180 al 35+039: Tipo 2 – Terreno Ondulado.

Con velocidades de diseño que están en el rango de los 30 km/hr hasta los 90 km/hr.

Se trata de una poligonal abierta orientada con control, en la que se conoce dos coordenadas de inicio y dos de llegada o en su defecto se conoce una coordenada y un azimut de inicio y una coordenada y un azimut de llegada, por tanto, puede realizarse el control de cierre angular y lineal como se recomienda para el control topográfico para carreteras del tipo que se realizará.

Para realizar un mejor ajuste en las poligonales, es necesario que las coordenadas de inicio y de llegada estén enlazados a la red geodésica nacional; es decir, que sean puntos geo-referenciados. De esta manera se podrá realizar un mejor control en el proyecto.

El control es horizontal; es decir, la posición del punto en un plano con ejes Este y Norte; para la obtención de las cotas de estos puntos es necesario realizar un control vertical conocida como nivelación topográfica.

La primera red de Poligonación Abierta va de la progresiva 0+000 al 18+452.05, en el cual se han ubicado y monumentado 22 puntos base para el control geométrico en la construcción de la carretera.

De acuerdo a la teoría y los procedimientos topográficos se seguirán el siguiente orden para el establecimiento de la poligonal abierta:

➤ **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EQUIPO TOPOGRÁFICO:**

Las características y especificaciones técnicas del Equipo topográfico que hemos usado son las siguientes:

**Estación Total Leica TS06 POWER 5", Láser 500m**

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EQUIPO DE TOPOGRAFÍA</b>	
TIPO DE DISPOSITIVO	Estación Total
MARCA DE DISPOSITIVO	Leica
MODELO	TS 06
PRECISIÓN DE DISPOSITIVO	5"
VELOCIDAD DE LECTURA	Muy rápido 1"
CANTIDAD DE MEDICIÓN DE PRISMA	4000 metros
CANTIDAD DE MEDICIÓN DE LASER	500 metros
CAPACIDAD DE MEMORIA INTERNA	30 000 puntos
ZOOM	35

**Cuadro N° 02 – Características Leica Ts06 Power**

En la fotografía N° 4 se puede apreciar el Equipo Topográfico.



Fotografía N° 04 – Estación Total Leica TS06 Power.

El **Certificado de Calibración** se puede observar en anexos.

#### **4.1.1. CÁLCULO Y OBTENCION DE DATOS INICIALES Y DE CAMPO**

A partir de los datos que se tienen en el tramo en estudio (prog. 0+000 al 18+452.05), se procedió a calcular en gabinete y obtener en campo; con los procedimientos topográficos correspondientes los datos con los cuales se desarrollaron el cálculo de la poligonal abierta.

##### **4.1.1.1 CÁLCULO DE DATOS INICIALES**

Se cuenta como datos, dos coordenadas iniciales y dos finales, los cuales se pusieron con GPS diferencial con precisión milimétrica, a partir de los cuales se calcularán los azimuts inicial y final.

### CÁLCULO DE AZIMUT INICIAL Y FINAL

#### AZIMUT INICIAL

	<b>E</b>	<b>N</b>
<b>A</b>	473243.5400	8656212.4610
<b>1</b>	472853.3680	8656194.9070

$$\Delta E = 390.1720$$

$$\Delta N = 17.5540$$

$$\text{ANGULO } \alpha = \text{ARC TG } (\Delta E / \Delta N) = \frac{390.1720}{17.5540}$$

$$\text{ANGULO } \alpha = 87^{\circ}25'26''$$

$$\text{AZIMUT} = \text{ANGULO } \alpha + 180^{\circ}0'0'' = 267^{\circ}25'26''$$

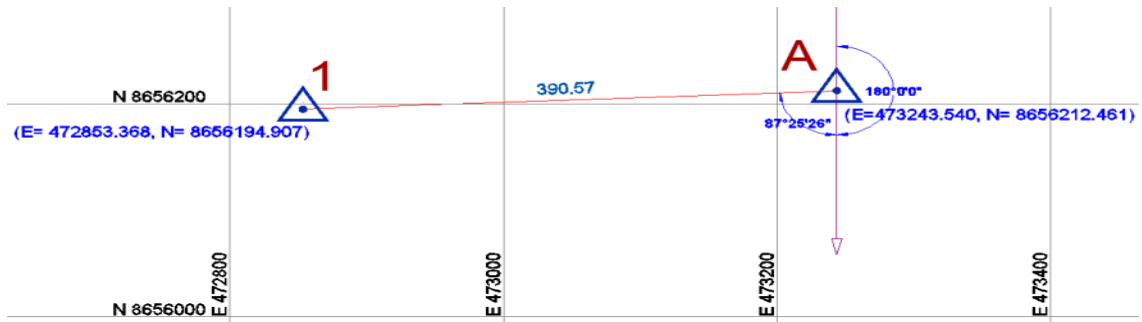


Figura N° 17

#### AZIMUT FINAL

	<b>E</b>	<b>N</b>
<b>20</b>	472394.4240	8649318.9970
<b>B</b>	472130.4820	8648952.0090

$$\Delta E = 263.9420$$

$$\Delta N = 366.9880$$

$$\text{ANGULO } \alpha = \text{ARC TG } (\Delta E / \Delta N) = \frac{263.9420}{366.9880}$$

**ANGULO  $\alpha = 35^{\circ}43'27''$**

**AZIMUT = ANGULO  $\alpha + 180^{\circ}0'0'' = 215^{\circ}43'27''$**

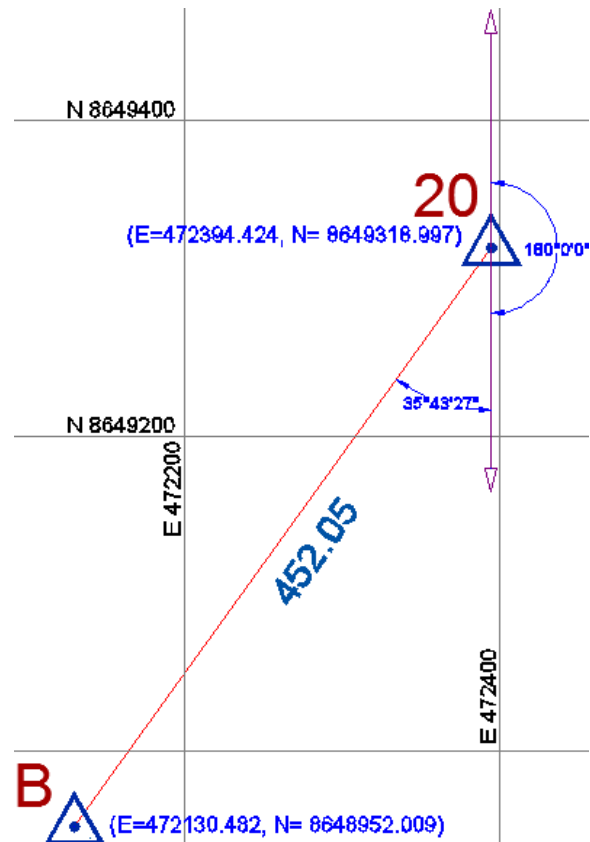


Figura N° 18

#### 4.1.1.2 OBTENCIÓN DE DATOS EN CAMPO

Se han realizado los trabajos respectivos para obtener los datos de campo aplicando los métodos y procedimientos descritos en la parte teórica. Se realizaron los siguientes trabajos de campo.

##### 4.1.1.2.1. MEDICIÓN DE LOS ANGULOS HORIZONTALES

En cada vértice de la poligonal se han medido los ángulos horizontales a la derecha utilizando en método de reiteración en series. Se muestran el resumen de los resultados obtenidos.

#### RESUMEN MEDICIÓN DE ANGULOS POR REITERACION EN DOS SERIES

PUNTO 1							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	1	A	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		2	185°09'06"	5°09'07"	185°09'07"	185°09'07"	185°09'07"
				180°00'00"			

PUNTO 2							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	2	1	0°00'00"	180°00'01"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		3	180°41'58"	0°41'54"	180°41'56"	180°41'56"	180°41'56"
				180°00'00"			

PUNTO 3							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	3	2	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		4	111°46'00"	291°45'58"	111°45'59"	111°45'59"	111°45'59"
				180°00'00"			

PUNTO 4							
---------	--	--	--	--	--	--	--

SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	4	3	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		5	191°49'48"	11°49'44"	191°49'46"	191°49'46"	<b>191°49'46"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 5							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	5	4	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		6	142°41'29"	322°41'33"	142°41'31"	142°41'31"	<b>142°41'31"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 6							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	6	5	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		7	103°06'20"	283°06'19"	103°06'20"	103°06'20"	<b>103°06'20"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 7							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	7	6	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		8	267°31'10"	87°31'14"	267°31'12"	267°31'12"	<b>267°31'12"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 8							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	8	7	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		9	189°01'59"	9°01'57"	189°01'58"	189°01'58"	<b>189°01'58"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 9							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	9	8	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		10	113°26'58"	293°26'59"	113°26'59"	113°26'59"	<b>113°26'59"</b>
				180°00'00"			



PUNTO 10							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	10	9	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		11	169°58'18"	349°58'21"	169°58'20"	169°58'20"	<b>169°58'20"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 11							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	11	10	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		12	221°13'26"	41°13'24"	221°13'25"	221°13'25"	<b>221°13'25"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 12							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	12	11	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		13	227°59'08"	47°59'06"	227°59'07"	227°59'07"	<b>227°59'07"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 13							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	13	12	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		14	79°38'37"	259°38'33"	79°38'35"	79°38'35"	<b>79°38'35"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 14							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	14	13	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		15	229°13'38"	49°13'36"	229°13'37"	229°13'37"	<b>229°13'37"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 15							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	15	14	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		16	200°02'25"	20°02'24"	200°02'24"	200°02'24"	<b>200°02'24"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 16							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	16	15	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		17	176°01'20"	356°01'16"	176°01'18"	176°01'18"	<b>176°01'18"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 17							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	17	16	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		18	239°18'08"	59°18'06"	239°18'07"	239°18'07"	<b>239°18'07"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 18							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	18	17	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		19	125°46'19"	305°46'21"	125°46'20"	125°46'20"	<b>125°46'20"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 19							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	19	18	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		20	194°01'06"	14°01'08"	194°01'07"	194°01'07"	<b>194°01'07"</b>
				180°00'00"			

PUNTO 20							
SERIE	ESTACIÓN	PUNTO VISADO	ÁNGULO DE MEDICIÓN DIRECTO	ÁNGULO DE MEDICIÓN INVERSO	PROMEDIO	ÁNGULO REDUCIDO	GENERAL
R	20	19	0°00'00"	180°00'00"	0°00'00"	0°00'00"	0°00'00"
		B	199°50'59"	19°50'59"	199°50'59"	199°50'59"	<b>199°50'59"</b>
				180°00'00"			

Cuadro N° 03 – Medición de ángulos por Reiteración.

#### 4.1.1.2.2. MEDICIÓN DE LAS DISTANCIAS DE LOS LADOS DE POLIGONAL

El cuadro resumen de las mediciones realizadas con una Estación Total:

<b>RESUMEN DE DISTANCIAS MEDIDAS IDA Y VUELTA</b>					
<b>ESTACIÓN</b>	<b>PUNTO VISADO</b>	<b>DIST. IDA (ML)</b>	<b>DIST. VUELTA (ML)</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>DISTANCIA (ML)</b>
A	1	390.578		390.567	<b>390.567</b>
1	A		390.556		
	2	638.873		638.864	<b>638.864</b>
2	1		638.854		
	3	628.776		628.783	<b>628.783</b>
3	2		628.790		
	4	406.081		406.072	<b>406.072</b>
4	3		406.063		
	5	514.773		514.782	<b>514.782</b>
5	4		514.791		
	6	410.742		410.744	<b>410.744</b>
6	5		410.746		
	7	469.542		469.543	<b>469.543</b>
7	6		469.544		
	8	316.534		316.533	<b>316.533</b>
8	7		316.531		
	9	512.551		512.556	<b>512.556</b>
9	8		512.561		
	10	559.360		559.355	<b>559.355</b>
10	9		559.350		
	11	407.502		407.500	<b>407.500</b>
11	10		407.498		
	12	1001.490		1001.495	<b>1001.495</b>
12	11		1001.500		
	13	368.822		368.829	<b>368.829</b>
13	12		368.835		
	14	672.519		672.513	<b>672.513</b>
14	13		672.507		
	15	629.232		629.239	<b>629.239</b>
15	14		629.246		

	16	380.078		380.073	<b>380.073</b>
16	15		380.068		
	17	489.734		489.738	<b>489.738</b>
17	16		489.741		
	18	592.558		592.561	<b>592.561</b>
18	17		592.564		
	19	458.490		458.486	<b>458.486</b>
19	18		458.482		
	20	498.074		498.077	<b>498.077</b>
20	19		498.079		
	B	452.044		452.046	<b>452.046</b>
B	20		452.047		

Cuadro N° 04 – Medición de Distancias Ida y Vuelta

#### 4.1.2. CÁLCULO DE AZIMUT

Se calcularán los Azimuts de los lados de la poligonal abierta a partir del Azimut inicial conocido y los ángulos a la derecha de los vértices por medio de la Ley de propagación de Azimuts.

Zf = Azimut final

Zi = Azimut inicial

$$Zf = Zi + \text{ANG. DERECHA} + - 180^\circ$$

Condiciones:

Si: Suma  $> 180^\circ$ , se resta  $180^\circ$

Si: Suma  $< 180^\circ$ , se suma  $180^\circ$

Si: Suma  $> 540^\circ$ , se resta  $540^\circ$

A partir del azimut inicial:  $267^\circ 25' 26''$  se calculan los azimuts correlativamente, tramo a tramo hasta llegar al lado final de empalme, como muestra en el cuadro N° 04.

EST.	AH			ANGULO HORIZONTAL	AZIMUT CALCULADO
	°	'	''		
A	267	25	26		267°25'25.99"
1	185	09	07	185°9'6.99"	272°34'32.99"
2	180	41	56	180°41'55.99"	273°16'28.99"
3	111	45	59	111°45'58.99"	205°2'27.99"
4	191	49	46	191°49'46"	216°52'13.99"
5	142	41	31	142°41'31"	179°33'45"
6	103	06	20	103°6'19.99"	102°40'4.99"
7	267	31	12	267°31'11.99"	190°11'17"
8	189	01	58	189°1'58"	199°13'15"
9	113	26	59	113°26'58.99"	132°40'14"
10	169	58	20	169°58'20"	122°38'34"
11	221	13	25	221°13'25"	163°51'59"
12	227	59	07	227°59'6.99"	211°51'6"
13	79	38	35	79°38'35"	111°29'41"
14	229	13	37	229°13'37"	160°43'18"
15	200	02	24	200°2'23.99"	180°45'41.99"
16	176	01	18	176°1'18"	176°46'59.99"
17	239	18	07	239°18'7"	236°5'6.99"
18	125	46	20	125°46'20"	181°51'26.99"
19	194	01	07	194°1'7"	195°52'33.99"
20	199	50	59	199°50'59"	215°43'32.99"
B					

Cuadro N° 05 – Cálculo de Azimuts

El azimut final es de: 215° 43' 27'', dato al cual se debe aproximar el cálculo de los azimuts secuencialmente realizados.

#### 4.1.3. CÁLCULO DE ERROR ANGULAR

El error angular resulta de la resta del: Azimut final calculado - Azimut final medido:

$$\text{Error Angular} = 215^\circ 43' 33'' - 215^\circ 43' 27'' = 0^\circ 0' 6''$$

Tenemos un exceso de 6", en consecuencia, se tiene que prorratear dicha diferencia entre los 20 ángulos horizontales.

#### 4.1.4. CÁLCULO DE ERROR MÁXIMO PERMITIDO – TOLERANCIA

Se obtiene de la fórmula:

$$\text{Error Máximo Permitido} = \pm X \cdot \sqrt{n}$$

Donde:

X = Precisión del instrumento.

n = Número de vértices de la poligonal.

En nuestro caso:

La precisión X del instrumento es de 2".

n = 20 vertices.

$$\text{Entonces: } \pm 2'' \cdot \sqrt{20} = 0^\circ 0' 8.94''$$

Nuestra medición y cálculo (0° 0' 6"), estuvo dentro del Error Máximo Permitido por lo tanto podemos seguir con los cálculos de la poligonal abierta.

#### 4.1.5. COMPENSACIÓN DE ANGULOS

Se compensará los ángulos horizontales de la manera siguiente:

$$\text{Corrección angular} = 0^\circ 0' 6.03'' / 20 = 0^\circ 0' 0.3''$$

Como tenemos exceso, debemos restar 0° 0' 0.3" a cada uno de los 20 ángulos horizontales como se observa en el cuadro N° 05.

EST.	AH			ANGULO HORIZONTAL	CORRECCION ANGULAR	ANGULO CORREGIDO
	°	'	''			
A	267	25	26			
1	185	09	07	185°9'6.99"	0°0'0.29"	185°9'6.7"
2	180	41	56	180°41'55.99"	0°0'0.29"	180°41'55.7"
3	111	45	59	111°45'58.99"	0°0'0.29"	111°45'58.69"
4	191	49	46	191°49'46"	0°0'0.29"	191°49'45.7"
5	142	41	31	142°41'31"	0°0'0.29"	142°41'30.7"
6	103	06	20	103°6'19.99"	0°0'0.29"	103°6'19.69"
7	267	31	12	267°31'11.99"	0°0'0.29"	267°31'11.69"
8	189	01	58	189°1'58"	0°0'0.29"	189°1'57.7"
9	113	26	59	113°26'58.99"	0°0'0.29"	113°26'58.69"
10	169	58	20	169°58'20"	0°0'0.29"	169°58'19.7"
11	221	13	25	221°13'25"	0°0'0.29"	221°13'24.7"
12	227	59	07	227°59'6.99"	0°0'0.29"	227°59'6.69"
13	79	38	35	79°38'35"	0°0'0.29"	79°38'34.7"
14	229	13	37	229°13'37"	0°0'0.29"	229°13'36.7"
15	200	02	24	200°2'23.99"	0°0'0.29"	200°2'23.7"
16	176	01	18	176°1'18"	0°0'0.29"	176°1'17.7"
17	239	18	07	239°18'7"	0°0'0.29"	239°18'6.7"
18	125	46	20	125°46'20"	0°0'0.29"	125°46'19.7"
19	194	01	07	194°1'7"	0°0'0.29"	194°1'6.7"
20	199	50	59	199°50'59"	0°0'0.29"	199°50'58.7"
B						

Cuadro N° 06 – Compensación de ángulos.

#### 4.1.6. CÁLCULO DE AZIMUT CORREGIDOS

Luego de la compensación y corrección angular se procede nuevamente a calcular los Azimut de los tramos de la poligonal, siguiendo la Ley de propagación de Azimuts ya mencionados anteriormente.

En el siguiente cuadro N° 06, se observa los valores de los Azimut calculados nuevamente.

EST.	AH			ÁNGULO CORREGIDO	AZIMUT CORREGIDO
	°	'	"		
A	267	25	26		267°25'25.99"
1	185	09	07	185°9'6.7"	272°34'32.69"
2	180	41	56	180°41'55.7"	273°16'28.39"
3	111	45	59	111°45'58.69"	205°2'27.09"
4	191	49	46	191°49'45.7"	216°52'12.79"
5	142	41	31	142°41'30.7"	179°33'43.49"
6	103	06	20	103°6'19.69"	102°40'3.19"
7	267	31	12	267°31'11.69"	190°11'14.89"
8	189	01	58	189°1'57.7"	199°13'12.59"
9	113	26	59	113°26'58.69"	132°40'11.29"
10	169	58	20	169°58'19.7"	122°38'31"
11	221	13	25	221°13'24.7"	163°51'55.7"
12	227	59	07	227°59'6.69"	211°51'2.4"
13	79	38	35	79°38'34.7"	111°29'37.1"
14	229	13	37	229°13'36.7"	160°43'13.8"
15	200	02	24	200°2'23.7"	180°45'37.5"
16	176	01	18	176°1'17.7"	176°46'55.2"
17	239	18	07	239°18'6.7"	236°5'1.9"
18	125	46	20	125°46'19.7"	181°51'21.6"
19	194	01	07	194°1'6.7"	195°52'28.3"
20	199	50	59	199°50'58.7"	215°43'27"
B					

Cuadro N° 07 – Azimuts Corregidos.

#### 4.1.7. CÁLCULO DE PROYECCIONES

Las proyecciones Este (E) y Norte (N) se obtienen mediante las siguientes formulas:



$E = D \times \text{Seno (Azimut Corregido)}$ .

$N = D \times \text{Coseno (Azimut Corregido)}$ .

Donde:

D = Distancia del lado.

Los valores los tenemos en el siguiente cuadro N° 07:

EST.	AH			ÁNGULO CORREGIDO	AZIMUT CORREGIDO	DISTANCIA	PROYECCIONES	
	°	'	''				ESTE	NORTE
A	267	25	26		267°25'25.99"	390.567	-390.1723	-17.5546
1	185	09	07	185°9'6.7"	272°34'32.69"	638.864	-638.2185	28.7107
2	180	41	56	180°41'55.7"	273°16'28.39"	628.783	-627.7564	35.9165
3	111	45	59	111°45'58.69"	205°2'27.09"	406.072	-171.8759	-367.9037
4	191	49	46	191°49'45.7"	216°52'12.79"	514.782	-308.8715	-411.8239
5	142	41	31	142°41'30.7"	179°33'43.49"	410.744	3.1393	-410.7320
6	103	06	20	103°6'19.69"	102°40'3.19"	469.543	458.1138	-102.9679
7	267	31	12	267°31'11.69"	190°11'14.89"	316.533	-55.9850	-311.5426
8	189	01	58	189°1'57.7"	199°13'12.59"	512.556	-168.7329	-483.9864
9	113	26	59	113°26'58.69"	132°40'11.29"	559.355	411.2780	-379.1153
10	169	58	20	169°58'19.7"	122°38'31"	407.500	343.1385	-219.8004
11	221	13	25	221°13'24.7"	163°51'55.7"	1001.495	278.3090	-962.0480
12	227	59	07	227°59'6.69"	211°51'2.4"	368.829	-194.6337	-313.2931
13	79	38	35	79°38'34.7"	111°29'37.1"	672.513	625.7453	-246.4074
14	229	13	37	229°13'36.7"	160°43'13.8"	629.239	207.7600	-593.9507
15	200	02	24	200°2'23.7"	180°45'37.5"	380.073	-5.0441	-380.0395
16	176	01	18	176°1'17.7"	176°46'55.2"	489.738	27.4915	-488.9658
17	239	18	07	239°18'6.7"	236°5'1.9"	592.561	-491.7398	-330.6365
18	125	46	20	125°46'19.7"	181°51'21.6"	458.486	-14.8493	-458.2455
19	194	01	07	194°1'6.7"	195°52'28.3"	498.077	-136.2398	-479.0818
20	199	50	59	199°50'58.7"	215°43'27"	452.046	-263.9423	-366.9878
B								

Cuadro N° 08 – Cálculo de Proyecciones.

#### 4.1.8. CORRECCIÓN DE PROYECCIONES

Para realizar la corrección de las proyecciones se tomarán en cuenta lo siguiente:

- La sumatoria de las proyecciones en E y N debe ser el mismo valor que la diferencia de los valores E y N de los puntos inicial y final de la poligonal abierta.

En nuestro caso:

Sumatoria de proyecciones:

En: E = - 1113.0860

N = - 7260.4557

La diferencia en E y N de los puntos finales menos el punto inicial es el siguiente:

	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
INICIO	473243.540	8656212.460
FINAL	472130.482	8648952.009
DIFERENCIA	-1113.058	-7260.452

**Cuadro N° 09 – Diferencia de Coordenadas.**

Los factores de corrección de las proyecciones E y N a repartir proporcionalmente a la distancia parcial y acumulada en todos los tramos resulta de restar:

$$E = -1x( 1113.058 - 1113.086 ) = 0.028$$

$$N = -1x( 7260.452 - 7260.4557 ) = 0.0037$$

La corrección de la proyección en E y N para cada tramo es con la siguiente formula:

Corrección en Este = ( Dld/Dac) \* Factor de corrección en Este (0.028).

Corrección en Norte = ( Dld/Dac) \* Factor de corrección en Norte (0.0037).

Donde:

Dld = Distancia lado.

Dac = Distancia Acumulada.

En el siguiente cuadro N° 09 se observa los valores de las correcciones de las proyecciones en cada lado:

EST.	AH			ÁNGULO CORREGIDO	AZIMUT CORREGIDO	DISTANCIA	PROYECCIONES		CORRECCION DE PROY.	
	°	'	"				ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
A	267	25	26		267°25'25.99"	390.567	-390.1723	-17.5546	0.0010	0.0001
1	185	09	07	185°9'6.7"	272°34'32.69"	638.864	-638.2185	28.7107	0.0017	0.0002
2	180	41	56	180°41'55.7"	273°16'28.39"	628.783	-627.7564	35.9165	0.0016	0.0002
3	111	45	59	111°45'58.69"	205°2'27.09"	406.072	-171.8759	-367.9037	0.0011	0.0001
4	191	49	46	191°49'45.7"	216°52'12.79"	514.782	-308.8715	-411.8239	0.0013	0.0002
5	142	41	31	142°41'30.7"	179°33'43.49"	410.744	3.1393	-410.7320	0.0011	0.0001
6	103	06	20	103°6'19.69"	102°40'3.19"	469.543	458.1138	-102.9679	0.0012	0.0002
7	267	31	12	267°31'11.69"	190°11'14.89"	316.533	-55.9850	-311.5426	0.0008	0.0001
8	189	01	58	189°1'57.7"	199°13'12.59"	512.556	-168.7329	-483.9864	0.0013	0.0002
9	113	26	59	113°26'58.69"	132°40'11.29"	559.355	411.2780	-379.1153	0.0015	0.0002
10	169	58	20	169°58'19.7"	122°38'31"	407.500	343.1385	-219.8004	0.0011	0.0001
11	221	13	25	221°13'24.7"	163°51'55.7"	1001.495	278.3090	-962.0480	0.0026	0.0003
12	227	59	07	227°59'6.69"	211°51'2.4"	368.829	-194.6337	-313.2931	0.0010	0.0001
13	79	38	35	79°38'34.7"	111°29'37.1"	672.513	625.7453	-246.4074	0.0017	0.0002
14	229	13	37	229°13'36.7"	160°43'13.8"	629.239	207.7600	-593.9507	0.0016	0.0002
15	200	02	24	200°2'23.7"	180°45'37.5"	380.073	-5.0441	-380.0395	0.0010	0.0001
16	176	01	18	176°1'17.7"	176°46'55.2"	489.738	27.4915	-488.9658	0.0013	0.0002
17	239	18	07	239°18'6.7"	236°5'1.9"	592.561	-491.7398	-330.6365	0.0015	0.0002
18	125	46	20	125°46'19.7"	181°51'21.6"	458.486	-14.8493	-458.2455	0.0012	0.0002
19	194	01	07	194°1'6.7"	195°52'28.3"	498.077	-136.2398	-479.0818	0.0013	0.0002
20	199	50	59	199°50'58.7"	215°43'27"	452.046	-263.9423	-366.9878	0.0012	0.0002
B										

Cuadro N° 10 – Corrección de Proyecciones.

#### 4.1.9. PROYECCIONES CORREGIDAS

Después de haber realizado las correcciones en las proyecciones obtenemos el siguiente cuadro:

EST.	DISTANCIA	PROYECCIONES		CORRECCION DE PROY.		PROYECCIONES COR.	
		ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
A	390.567	-390.1723	-17.5546	0.0010	0.0001	-390.1713	-17.5545
1	638.864	-638.2185	28.7107	0.0017	0.0002	-638.2169	28.7109
2	628.783	-627.7564	35.9165	0.0016	0.0002	-627.7547	35.9167
3	406.072	-171.8759	-367.9037	0.0011	0.0001	-171.8748	-367.9036
4	514.782	-308.8715	-411.8239	0.0013	0.0002	-308.8702	-411.8237
5	410.744	3.1393	-410.7320	0.0011	0.0001	3.1404	-410.7319
6	469.543	458.1138	-102.9679	0.0012	0.0002	458.1150	-102.9677
7	316.533	-55.9850	-311.5426	0.0008	0.0001	-55.9842	-311.5425
8	512.556	-168.7329	-483.9864	0.0013	0.0002	-168.7316	-483.9862
9	559.355	411.2780	-379.1153	0.0015	0.0002	411.2795	-379.1151
10	407.500	343.1385	-219.8004	0.0011	0.0001	343.1396	-219.8002
11	1001.495	278.3090	-962.0480	0.0026	0.0003	278.3116	-962.0476
12	368.829	-194.6337	-313.2931	0.0010	0.0001	-194.6327	-313.2930
13	672.513	625.7453	-246.4074	0.0017	0.0002	625.7470	-246.4071
14	629.239	207.7600	-593.9507	0.0016	0.0002	207.7617	-593.9505
15	380.073	-5.0441	-380.0395	0.0010	0.0001	-5.0431	-380.0394
16	489.738	27.4915	-488.9658	0.0013	0.0002	27.4928	-488.9656
17	592.561	-491.7398	-330.6365	0.0015	0.0002	-491.7383	-330.6363
18	458.486	-14.8493	-458.2455	0.0012	0.0002	-14.8481	-458.2453
19	498.077	-136.2398	-479.0818	0.0013	0.0002	-136.2385	-479.0817
20	452.046	-263.9423	-366.9878	0.0012	0.0002	-263.9411	-366.9877
B							

Cuadro N° 11 – Proyecciones Corregidas.

#### 4.1.10. CÁLCULO DE COORDENADAS

Al final se logra calcular las coordenadas compensadas de cada vértice de la poligonal abierta el cual es el objetivo y finalidad de realizar el cálculo.

Se observa en el siguiente cuadro N° 11 las coordenadas de cada vértice:

EST.	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
A	473243.5400	8656212.4610
1	472853.3687	8656194.9065
2	472215.1518	8656223.6174
3	471587.3971	8656259.5341
4	471415.5223	8655891.6305
5	471106.6521	8655479.8069
6	471109.7925	8655069.0750
7	471567.9075	8654966.1073
8	471511.9233	8654654.5648
9	471343.1917	8654170.5785
10	471754.4711	8653791.4634
11	472097.6107	8653571.6632
12	472375.9223	8652609.6156
13	472181.2896	8652296.3226
14	472807.0366	8652049.9155
15	473014.7983	8651455.9650
16	473009.7552	8651075.9256
17	473037.2480	8650586.9600
18	472545.5097	8650256.3236
19	472530.6616	8649798.0783
20	472394.4231	8649318.9967
B	472130.4820	8648952.0090

**Cuadro N° 12 – Calculo de Coordenadas.**

**HOJA DE CALCULO DE POLIGONAL ABIERTA - CARRETERA CHUPURO HUASICANCHA**

EST.	AH			ANGULO HORIZONTAL	AZIMUT CALCULADO	CORRECCION ANGULAR	ANGULO CORREGIDO	AZIMUT CORREGIDO	DISTANCIA	PROYECCIONES		CORRECCION DE PROY.		PROYECCIONES COR.		COORDENADAS	
	°	'	"							ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
A	267	25	26		267°25'25.99"			267°25'25.99"	390.567	-390.1723	-17.5546	0.0010	0.0001	-390.1713	-17.5545	473243.54	8656212.461
1	185	09	07	185°9'7"	272°34'33"	0°0'0.3"	185°9'6.7"	272°34'32.7"	638.864	-638.2185	28.7107	0.0017	0.0002	-638.2169	28.7109	472853.3687	8656194.9065
2	180	41	56	180°41'56"	273°16'29"	0°0'0.3"	180°41'55.69"	273°16'28.39"	628.783	-627.7564	35.9165	0.0016	0.0002	-627.7547	35.9167	472215.1518	8656223.6174
3	111	45	59	111°45'59"	205°2'28"	0°0'0.3"	111°45'58.69"	205°2'27.09"	406.072	-171.8759	-367.9037	0.0011	0.0001	-171.8748	-367.9036	471587.3971	8656259.5341
4	191	49	46	191°49'46"	216°52'14"	0°0'0.3"	191°49'45.7"	216°52'12.79"	514.782	-308.8715	-411.8239	0.0013	0.0002	-308.8702	-411.8237	471415.5223	8655891.6305
5	142	41	31	142°41'31"	179°33'45"	0°0'0.3"	142°41'30.7"	179°33'43.49"	410.744	3.1393	-410.7320	0.0011	0.0001	3.1404	-410.7319	471106.6521	8655479.8069
6	103	06	20	103°6'20"	102°40'5"	0°0'0.3"	103°6'19.69"	102°40'3.19"	469.543	458.1138	-102.9678	0.0012	0.0002	458.1150	-102.9677	471109.7925	8655069.0750
7	267	31	12	267°31'11.99"	190°11'17"	0°0'0.3"	267°31'11.69"	190°11'14.89"	316.533	-55.9850	-311.5426	0.0008	0.0001	-55.9842	-311.5425	471567.9075	8654966.1073
8	189	01	58	189°1'58"	199°13'15"	0°0'0.3"	189°1'57.69"	199°13'12.59"	512.556	-168.7329	-483.9864	0.0013	0.0002	-168.7316	-483.9862	471511.9233	8654654.5648
9	113	26	59	113°26'59"	132°40'14.01"	0°0'0.3"	113°26'58.7"	132°40'11.29"	559.355	411.2780	-379.1153	0.0014	0.0002	411.2795	-379.1151	471343.1917	8654170.5785
10	169	58	20	169°58'20"	122°38'34.01"	0°0'0.3"	169°58'19.7"	122°38'30.99"	407.500	343.1385	-219.8004	0.0011	0.0001	343.1396	-219.8002	471754.4711	8653791.4634
11	221	13	25	221°13'25"	163°51'59.01"	0°0'0.3"	221°13'24.7"	163°51'55.69"	1001.495	278.3090	-962.0480	0.0026	0.0003	278.3116	-962.0476	472097.6107	8653571.6632
12	227	59	07	227°59'7"	211°51'6.01"	0°0'0.3"	227°59'6.69"	211°51'2.39"	368.829	-194.6337	-313.2931	0.0010	0.0001	-194.6327	-313.2930	472375.9223	8652609.6156
13	79	38	35	79°38'35"	111°29'41.02"	0°0'0.3"	79°38'34.69"	111°29'37.09"	672.513	625.7453	-246.4074	0.0017	0.0002	625.7470	-246.4071	472181.2896	8652296.3226
14	229	13	37	229°13'37"	160°43'18.02"	0°0'0.3"	229°13'36.7"	160°43'13.79"	629.239	207.7601	-593.9507	0.0016	0.0002	207.7617	-593.9505	472807.0366	8652049.9155
15	200	02	24	200°2'23.99"	180°45'42.02"	0°0'0.3"	200°2'23.69"	180°45'37.49"	380.073	-5.0441	-380.0395	0.0010	0.0001	-5.0431	-380.0394	473014.7983	8651455.9650
16	176	01	18	176°1'18"	176°47'0.02"	0°0'0.3"	176°1'17.69"	176°46'55.19"	489.738	27.4915	-488.9658	0.0013	0.0002	27.4928	-488.9656	473009.7552	8651075.9256
17	239	18	07	239°18'7"	236°5'7.02"	0°0'0.3"	239°18'6.7"	236°5'1.89"	592.561	-491.7398	-330.6365	0.0015	0.0002	-491.7383	-330.6363	473037.2480	8650586.9600
18	125	46	20	125°46'20"	181°51'27.02"	0°0'0.3"	125°46'19.7"	181°51'21.59"	458.486	-14.8493	-458.2455	0.0012	0.0002	-14.8481	-458.2453	472545.5097	8650256.3236
19	194	01	07	194°1'7"	195°52'34.03"	0°0'0.3"	194°1'6.7"	195°52'28.3"	498.077	-136.2398	-479.0818	0.0013	0.0002	-136.2385	-479.0817	472530.6616	8649798.0783
20	199	50	59	199°50'59"	215°43'33.03"	0°0'0.3"	199°50'58.7"	215°43'27"	452.046	-263.9423	-366.9878	0.0012	0.0002	-263.9411	-366.9877	472394.4231	8649318.9967
B																	
SUM									<b>10798.356</b>	<b>-1113.0860</b>	<b>-7260.4557</b>	<b>0.0280</b>	<b>0.0037</b>	<b>-1113.0580</b>	<b>-7260.4520</b>	<b>472130.4820</b>	<b>8648952.0090</b>

N° DE VERTICES:	20
AZIMUT	
INICIO	267 25 26 267°25'26" 0°0'6.03"
FINAL	215 43 27 215°43'27"

	COORDENADAS	
	ESTE	NORTE
INICIO	473243.540	8656212.46
FINAL	472130.482	8648952.009
DIFERENCIA	-1113.058	-7260.452

Cuadro N° 13 – Cuadro Completo de Cálculos Poligonal Abierto.

## 4.2. CÁLCULO DE LA POLIGONAL CERRADA

La Poligonal Cerrada se desarrolló para la ejecución de la Obra: **“CONSTRUCCION DE ACCESOS INTERNOS, RECRECIMIENTO DE PRESA DE RELAVES, CANAL DE DERIVACION, DIQUE DE DESVIO Y OBRAS CONEXAS- ANDAYCHAGUA ALTO - VOLCAN CIA MINERA”**, ubicado en la Unidad Minera Andaychagua Compañía Minera Volcan S.A.A., Distrito de Huay-Huay, Provincia de Yauli, Departamento de Junín.

El cálculo de la Poligonal Cerrada se hará utilizando el método de ángulos y distancias.

### ➤ **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EQUIPO TOPOGRÁFICO:**

Las características y especificaciones técnicas del Equipo topográfico que hemos usado son las siguientes:

#### **Estación Total Trimble M3 - 2", Láser 400 m**

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS EQUIPO DE TOPOGRAFÍA</b>	
TIPO DE DISPOSITIVO	Estación Total
MARCA DE DISPOSITIVO	Trimble
MODELO	M3
PRECISIÓN DE DISPOSITIVO	2"
VELOCIDAD DE LECTURA	Rapido 2"
CANTIDAD DE MEDICIÓN DE PRISMA	5000 Metros
CANTIDAD DE MEDICIÓN DE LASER	400 Metros
CAPACIDAD DE MEMORIA INTERNA	15 000 puntos
ZOOM	30

**Cuadro N° 14 – Características Trimble M3.**

En la fotografía N° 5 se puede apreciar el Equipo Topográfico.



Fotografía N° 5 – Estación Total Trimble M3

#### 4.2.1. CÁLCULO Y OBTENCION DE DATOS INICIALES Y DE CAMPO

Serán necesarios realizar algunos de los procedimientos descritos en la parte teórica para la obtención de los datos que se requieren para hacer los cálculos como son los siguientes:

➤ **COORDENADAS DEL PUNTO INICIAL:**

Existen en el área de trabajo Puntos Geodésicos colocados por la Empresa Minera, los cuales han sido usados en diversos trabajos, dichos puntos Geodésicos han sido colocados con Equipos GPS Diferencial con precisión milimétrica.



Se cuenta con 2 puntos Geodésicos cercanos, con los cuales nos apoyaremos para crear nuestra Poligonal Cerrada, con la cual llevaremos el control topográfico de todos los componentes de nuestra Obra.

Los datos de los puntos son los siguientes:

BASES GEOREFERENCIADOS - COORD. UTM WGS 84			
PC	ESTE	NORTE	COTA (m.s.n.m.)
PC-EM24	389634.091	8701191.537	4463.325
PC-EM25	389562.083	8701530.487	4452.561

Cuadro N° 15 – Coordenadas Existentes.

➤ **AZIMUT DEL LADO INICIAL:**

Para calcular el **Azimut inicial (BM1 – BM2)** de nuestro polígono, primeramente, tendremos que calcular el **Azimut (PC-EM25 - PC-EM24)** de la recta que une los puntos proporcionados por la minera que son: PC-EM25 - PC-EM24.

Inicialmente se calcula el Rumbo con la siguiente formula:

$$\text{Rumbo} = \text{ArcTg}(\Delta E / \Delta N)$$

Donde:

$\Delta E$  = Diferencia algebraica de valores Este de los 2 puntos.

$\Delta N$  = Diferencia algebraica de valores Norte de los 2 puntos.

Una vez obtenido el valor del Rumbo se procede a calcular el Azimut con la Regla Practica de ubicación de cuadrante I, II, III, IV y la relación de Rumbo y Azimut de una recta con dos coordenadas:

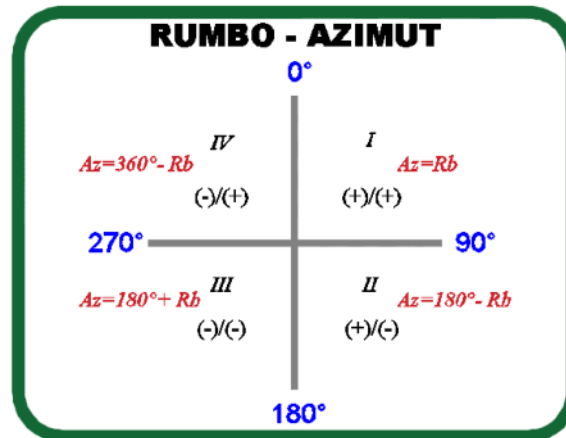


Figura N° 19 – Cuadrantes Rumbo Azimut.

Realizamos los cálculos con las coordenadas de los puntos PC-EM24 y PC-EM25 proporcionados por la minera:

$$\text{Rumbo} = \text{ArcTg}((389634.091 - 389562.083)/(8701191.537 - 8701530.487))$$

$$\text{Rumbo} = \text{ArcTg}(72.008/-338.95)$$

$$\text{Rumbo} = 11^\circ 59' 37.84''$$

Según el gráfico de la regla de los cuadrantes, observamos que estamos ubicados en el segundo cuadrante, por lo tanto, para obtener el Azimut será con la siguiente expresión:

$$\text{Azimut} = 180^\circ - \text{Rumbo}$$

Reemplazamos valores:

$$\text{Azimut} = 180^\circ - 11^\circ 59' 37.84''$$

$$\text{Azimut (PC-EM25 - PC-EM24)} = 168^\circ 0' 22.16''$$

Finalmente, para la obtención del **Azimut inicial (BM1 – BM2)** de nuestro polígono lo calculamos mediante la ley de propagación de Azimuts que es la siguiente:

Zf = Azimut final
-------------------

Zi = Azimut inicial
---------------------

$Zf = Zi + \text{ANG. DERECHA} + - 180^\circ$
---

Condiciones:

Si: Suma $> 180^\circ$ , se resta $180^\circ$
---

Si: Suma $< 180^\circ$ , se suma $180^\circ$
--

Si: Suma $> 540^\circ$ , se resta $540^\circ$
---

Calculando en la expresión:

$$\text{Azimut (BM1-BM2)} = \text{Azimut (PC-EM25 - PC-EM24)} + \text{Ang. Derecha} + - 180^\circ$$

Reemplazando valores:

$$\text{Azimut (BM1-BM2)} = 168^\circ 0' 22.16'' + 152^\circ 27' 44.4'' + -180^\circ$$

$$\text{Azimut (BM1-BM2)} = 140^\circ 28' 6.4''$$

Gráficamente podemos observar el valor del Azimut inicial:

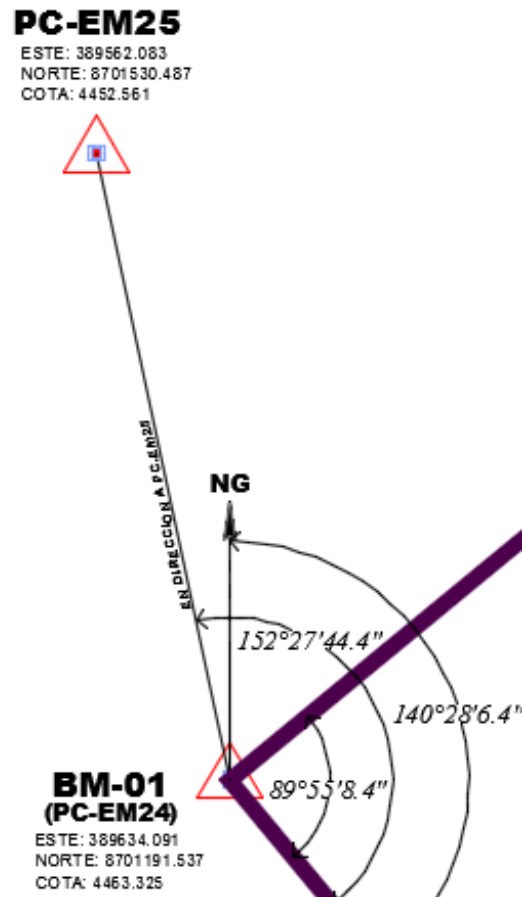


Figura N° 20 – Calculo de Azimut

Azimut inicial de BM01 a BM02 es =  $140^{\circ}28'6.4''$  que está orientado hacia el Norte Geográfico.

➤ **LOS ÁNGULOS DE TODOS LOS VERTICES DE LA POLIGONAL:**

La medición de los ángulos interiores de la poligonal cerrada se realizó por el método de repetición, con 3 repeticiones.

En este método, los ángulos son medidos con un número determinado de repeticiones con el equipo topográfico en nuestro caso una Estación Total marca Trimble con precisión a  $2''$ . Se estaciona el equipo en cada vértice de la poligonal, se visa inicialmente al punto anterior, se bloquea

el ángulo horizontal del equipo en  $0^{\circ}0'0''$  y se gira el ángulo hacia la derecha hasta ubicar y visar el punto adelante, así se obtiene la primera lectura del ángulo horizontal en dicho vértice, el cual es la primera repetición, seguidamente para la segunda y tercera repetición procedemos como para la primera, siempre estacionando el equipo nuevamente.

Una vez culminada las 3 repeticiones en un vértice proseguimos con hacer el mismo proceso en cada uno de los vértices hasta conseguir los ángulos interiores **Promedio** resultante de las repeticiones en cada vértice de la poligonal.

A continuación, el cuadro resumen:

ESTACIÓN	MEDICIÓN DE ÁNGULOS POR REITERACIÓN - POLIGONAL CERRADA				
	1RA REPETICIÓN	2DA REPETICIÓN	3RA REPETICIÓN	N° DE REPETICIONES	PROMEDIO
	Sexagesimal	Sexagesimal	Sexagesimal		Sexagesimal
BM1	89° 55' 8"	89° 55' 9"	89° 55' 7"	3	89° 55' 8"
BM2	161° 40' 30"	161° 40' 29"	161° 40' 34"		161° 40' 31"
BM3	177° 11' 34"	177° 11' 36"	177° 11' 35"		177° 11' 35"
BM4	95° 42' 12"	95° 42' 14"	95° 42' 13"		95° 42' 13"
BM5	74° 20' 43"	74° 20' 41"	74° 20' 42"		74° 20' 42"
BM6	198° 23' 5"	198° 23' 6"	198° 23' 7"		198° 23' 6"
BM7	155° 7' 48"	155° 7' 48"	155° 7' 48"		155° 7' 48"
BM8	127° 38' 54"	127° 38' 52"	127° 38' 53"		127° 38' 53"

Cuadro N° 16 – Cuadro Resumen Ángulos Medidos.

➤ **LAS DISTANCIAS DE TODOS LOS LADOS DE LA POLIGONAL:**

Las distancias se han medido de ida y vuelta obteniendo el valor promedio. Estacionando el Equipo Topográfico (Estación Total) en el punto inicial BM1 se visa hacia el siguiente punto BM2 ubicando el bastón

del reflector (prisma), en la cual se hace una medición directa con el distanciómetro de la Estación Total, obteniendo la distancia inclinada y la distancia horizontal que es la que nos interesa.

Seguidamente se estaciona el Equipo Topográfico en el punto BM2, se visa al punto anterior BM1 y se procede con la medición directa obteniendo la segunda distancia horizontal. A continuación, aun estando estacionado en el BM2, se visa al punto siguiente BM3 y se procede como ya se explicó antes para obtener la distancia horizontal de BM2 a BM3.

Se procede de la misma manera en los 8 puntos de nuestra poligonal para obtener las distancias de todos los lados., a continuación, el resumen:

<b>DISTANCIAS POLIGONAL CERRADA</b>			
<b>LADO</b>	<b>Ida</b>	<b>Vuelta</b>	<b>Promedio</b>
BM1 a BM2	602.46	602.48	602.47
BM2 a BM3	478.85	478.87	478.86
BM3 a BM4	623.08	623.08	623.08
BM4 a BM5	690.52	690.50	690.51
BM5 a BM6	735.04	735.02	735.03
BM6 a BM7	508.91	508.89	508.90
BM7 a BM8	414.00	414.01	414.01
BM8 a BM1	297.04	297.06	297.05

**Cuadro N° 17 – Cuadro de Distancias Poligonal Cerrada.**

#### 4.2.2. CÁLCULO DE LA SUMATORIA DE ÁNGULOS INTERNOS DE LA POLIGONAL, ERROR DE CIERRE ANGULAR, TOLERANCIA ANGULAR Y CORRECCIÓN ANGULAR.

##### - SUMATORIA DE ÁNGULOS INTERNOS DE LA POLIGONAL:

De la fórmula general:

$$\sum \text{Ángulos internos polígono} = 180 \times (N-2)$$

Siendo:

N= Numero de lados del polígono.

Teóricamente la sumatoria de los ángulos internos de nuestro polígono de 8 lados sería el siguiente:

$$\begin{aligned} \sum \text{Ángulos internos polígono} &= 180 \times (8-2) \\ &= \mathbf{1080^\circ} \end{aligned}$$

En la práctica la sumatoria de los ángulos internos de nuestro polígono cerrado de 8 lados, medidos en campo es:

EST.	AH			ÁNGULOS INTERNOS
	°	'	"	
Zinicial	140	28	06	140°28'6"
BM1	89	55	08	89°55'8"
BM2	161	40	31	161°40'31"
BM3	177	11	35	177°11'35"
BM4	95	42	13	95°42'13"
BM5	74	20	42	74°20'41.99"
BM6	198	23	06	198°23'5.8"
BM7	155	07	48	155°7'47.5"
BM8	127	38	53	127°38'53"
SUM				<b>1079°59'55.31"</b>

Cuadro N° 18 – Sumatoria de Ángulos Internos.

- **ERROR DE CIERRE ANGULAR(ECA):**

El error de cierre angular lo obtenemos de restar la sumatoria teórica de los ángulos internos menos la sumatoria real de los ángulos medidos en campo.

Error Cierre Angular=  $\sum$  Ángulos internos (calculado teórico) -  $\sum$  Ángulos Internos (calculado real en campo)

ECA=  $\sum$  Teórica Ángulos internos -  $\sum$  Ángulos medidos en campo

ECA=  $1080^\circ - 1079^\circ 59' 55.31''$

ECA=  $0^\circ 0' 4.69''$

- **TOLERANCIA ANGULAR:**

Tolerancia angular=  $P\sqrt{N}$

Donde:

P= precisión del Equipo.

N= Numero de lados.

Colocando valores:

Tolerancia angular=  $0^\circ 0' 2'' \times \sqrt{8}$

Tolerancia angular=  $0^\circ 0' 5.65''$

La condición es que:

**ERROR ANGULAR DE CIERRE  $\leq$  TOLERANCIA ANGULAR**

$0^\circ 0' 4.69'' \leq 0^\circ 0' 5.65''$



Con el cálculo que hemos hecho observamos que estamos debajo de la tolerancia angular entonces prosigue nuestro cálculo de la poligonal cerrada, en caso contrario tendríamos que haber hecho otra vez el trabajo de campo.

- **CORRECCIÓN ANGULAR:**

**Corrección Angular= Error Angular / Numero de Lados**

Reemplazando valores:

Corrección Angular=  $0^{\circ}0'4.69'' / 8$

Corrección Angular=  $0^{\circ}0'0.58''$

El valor calculado se va a sumar a cada uno de los ángulos internos de la poligonal medidos en campo, con el objetivo que en la sumatoria se obtenga  $1080^{\circ}$ .

A continuación, el cuadro resumen:

EST.	AH			ÁNGULO HORIZONTAL	CORRECCIÓN ANGULAR	ÁNGULO CORREGIDO
	°	'	''			
Zinicial	140	28	06	140°28'6"		
BM1	89	55	08	89°55'8"	0°0'0.58"	89°55'8.58"
BM2	161	40	31	161°40'31"	0°0'0.58"	161°40'31.58"
BM3	177	11	35	177°11'35"	0°0'0.58"	177°11'35.58"
BM4	95	42	13	95°42'13"	0°0'0.58"	95°42'13.58"
BM5	74	20	42	74°20'41.99"	0°0'0.58"	74°20'42.58"
BM6	198	23	06	198°23'5.8"	0°0'0.58"	198°23'6.38"
BM7	155	07	48	155°7'47.5"	0°0'0.58"	155°7'48.08"
BM8	127	38	53	127°38'53"	0°0'0.58"	127°38'53.58"
SUM				1079°59'55.31"		1080°0'0"

**Cuadro N° 19 – Corrección de ángulos.**

### 4.2.3. CÁLCULO DE LOS AZIMUTS DE LOS LADOS DE LA POLIGONAL

Estos cálculos al igual que en la poligonal abierta se calculan por la ley de propagación de Azimuts que es la siguiente:

Zf = Azimut final

Zi = Azimut inicial

$$Zf = Zi + \text{ANG. DERECHA} + - 180^\circ$$

Condiciones:

Si: Suma > 180°, se resta 180°

Si: Suma < 180°, se suma 180°

Si: Suma > 540°, se resta 540°

A continuación, el cuadro resumen:

ÁNGULO HORIZONTAL	ÁNGULO CORREGIDO	AZIMUT CALCULADO
140°28'6"		140°28'6"
89°55'8"	89°55'8.58"	122°8'37.58"
161°40'31"	161°40'31.58"	119°20'13.17"
177°11'35"	177°11'35.58"	35°2'26.76"
95°42'13"	95°42'13.58"	289°23'9.35"
74°20'41.99"	74°20'42.58"	307°46'15.74"
198°23'5.8"	198°23'6.38"	282°54'3.83"
155°7'47.5"	155°7'48.08"	230°32'57.41"
127°38'53"	127°38'53.58"	

Cuadro N° 20 – Calculo de Azimuts.

#### 4.2.4. CÁLCULO DE LAS PROYECCIONES DE LOS LADOS DE LA POLIGONAL

Ya calculado los Azimuts y obtenidos las distancias de todos los lados de nuestra poligonal, podemos calcular las proyecciones de todos los lados con las formula:

$$PE= D \times \text{Seno (Azimut)}$$

$$PN= D \times \text{Coseno (Azimut)}$$

**Donde:**

PE= Proyección Este.

PN= Proyección Norte

D= Distancia lado.

En teoría, recorriendo las proyecciones del polígono en Este y Norte desde un punto inicial, deberíamos llegar al mismo punto inicial si queremos que el polígono este cerrado y no exista desplazamiento.

En el siguiente grafico observamos el recorrido en la poligonal y sus proyecciones:

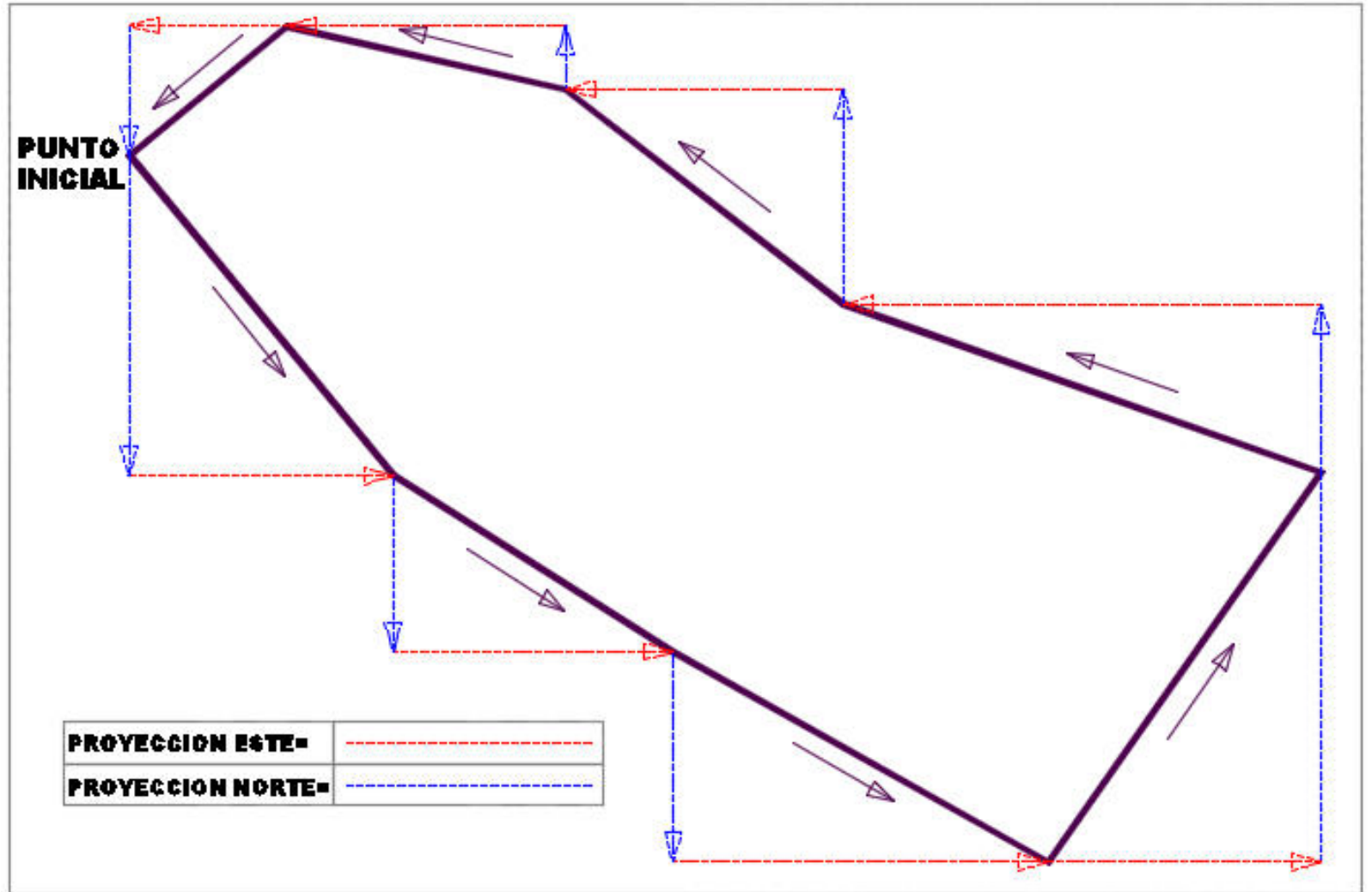


Figura N° 21 – Proyecciones de la Poligonal

Sobre nuestro cuadro en la hoja de cálculo observamos:

AZIMUT CALCULADO	DISTANCIA	PROYECCIONES	
		ESTE	NORTE
140°28'6"	602.47	383.4749	-464.6688
122°8'37.58"	478.86	405.4583	-254.7754
119°20'13.17"	623.08	543.1719	-305.2752
35°2'26.76"	690.51	396.4626	565.3507
289°23'9.35"	735.03	-693.3569	243.9782
307°46'15.74"	508.9	-402.2675	311.7051
282°54'3.83"	414.01	-403.5592	92.4353
230°32'57.41"	297.05	-229.3735	-188.7498
<b>SUMATORIA</b>	<b>4349.91</b>	<b>0.0107</b>	<b>0.0001</b>

Cuadro N° 21 – Proyecciones de la Poligonal.

Como se observa en los cálculos hechos en el cuadro, teóricamente la sumatoria de las proyecciones en Este y Norte deberían ser cero para que la poligonal quede cerrada y no exista desplazamiento alguno entre el punto inicial y final. En el siguiente Ítem se calculará el error de cierre.

#### 4.2.5. CÁLCULO DEL ERROR DE CIERRE LINEAL

Del cuadro anterior se verifica que la sumatoria en proyecciones Este es 0.0107 y en Norte es 0.0001 lo cual nos indica que existe un desplazamiento en el cierre final de la poligonal.

Se debe calcular el Error de Cierre Lineal para posteriormente realizar los ajustes y compensación de las proyecciones.

Mediante las siguientes expresiones se calculará los errores de desplazamiento:

**Error de Desplazamiento Este (EE)= 0 – Desplazamiento Este calculado**

**Error de Desplazamiento Norte (EN)= 0 – Desplazamiento Norte calculado**

$$\text{Error de cierre Lineal (EL)} = \sqrt{EE^2 + EN^2}$$

Reemplazando valores:

$$EE = 0 - 0.0107 = -0.0107$$

$$EN = 0 - 0.0001 = -0.0001$$

$$EL = \sqrt{(-0.0107)^2 + (-0.0001)^2}$$

$$EL = 0.0107$$

#### 4.2.6. CÁLCULO DE LA TOLERANCIA DEL ERROR LINEAL

**Tolerancia Lineal =  $0.0015\sqrt{P}$ ; en terreno llano.**

**Tolerancia Lineal =  $0.0025\sqrt{P}$ ; en terreno ondulado.**

Donde:

P = Perímetro de la Poligonal.

La condición es que el Error Lineal debe ser menor o igual a la tolerancia Lineal.

Para nuestro caso se trata de un terreno llano, por lo tanto, reemplazando valores:

$$\text{Tolerancia Error Lineal} = 0.0015\sqrt{4349.91}$$

$$\text{Tolerancia Error Lineal} = 0.0989$$

Verificamos que nuestro Error de Cierre Lineal (EL) es menor que la Tolerancia de Error lineal:

( $EL = 0.0107 \leq TEL = 0.0989$ ), por lo tanto, nuestro trabajo está bien hecho, de lo contrario se tendría que ir a campo nuevamente a medir todos los lados de nuestra poligonal.

#### 4.2.7. COMPENSACIÓN DE LOS ERRORES AL ESTE Y NORTE DE LAS PROYECCIONES

Prosiguiendo con el cálculo de nuestra poligonal cerrada, calculamos las correcciones de las proyecciones para que así queden compensados.

Los cálculos se realizarán mediante las siguientes expresiones:

$$\text{Corrección Este (CE)} = (EExD)/P$$

$$\text{Corrección Norte (CN)} = (ENx D)/P$$

Donde:

EE= Error de Desplazamiento Este

EN= Error de Desplazamiento Norte

D= Distancia de un lado de la Poligonal

P= Perímetro de la Poligonal

Realizando los cálculos respectivos tenemos el siguiente cuadro:

DISTANCIA	CORRECCIÓN DE PROY.		PROYECCIONES COR.	
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
602.47	-0.0015	0.0000	383.4734	-464.6688
478.86	-0.0012	0.0000	405.4571	-254.7754
623.08	-0.0015	0.0000	543.1704	-305.2752
690.51	-0.0017	0.0000	396.4609	565.3507
735.03	-0.0018	0.0000	-693.3587	243.9781
508.9	-0.0013	0.0000	-402.2687	311.7051
414.01	-0.0010	0.0000	-403.5602	92.4353
297.05	-0.0007	0.0000	-229.3743	-188.7498
<b>4349.91</b>	<b>-0.0107</b>	<b>-0.0001</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.0000</b>

Cuadro N° 22 – Compensación de errores de proyecciones.

Después de realizado las compensaciones en las proyecciones observamos que la sumatoria en las proyecciones dan Cero (0), con lo cual quedara compensado la poligonal.

En el cuadro siguiente observamos la compensación de las coordenadas, sumando a la coordenada inicial BM1 cada proyección correlativamente hasta el BM8 el cual tendrá que enlazar nuevamente al BM1 para quedar cerrado y compensado:

DISTANCIA	CORRECCIÓN DE PROY.		PROYECCIONES COR.		COORDENADAS		VERT
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
					389634.0910	8701191.5370	BM1
602.47	-0.0015	0.0000	383.4734	-464.6688	390017.5644	8700726.8682	BM2
478.86	-0.0012	0.0000	405.4571	-254.7754	390423.0215	8700472.0928	BM3
623.08	-0.0015	0.0000	543.1704	-305.2752	390966.1919	8700166.8176	BM4
690.51	-0.0017	0.0000	396.4609	565.3507	391362.6529	8700732.1683	BM5
735.03	-0.0018	0.0000	-693.3587	243.9781	390669.2942	8700976.1464	BM6
508.9	-0.0013	0.0000	-402.2687	311.7051	390267.0254	8701287.8515	BM7
414.01	-0.0010	0.0000	-403.5602	92.4353	389863.4653	8701380.2868	BM8
297.05	-0.0007	0.0000	-229.3743	-188.7498	389634.0910	8701191.5370	BM1
<b>4349.91</b>	<b>-0.0107</b>	<b>-0.0001</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.0000</b>			

Cuadro N° 23 – Compensación de Coordenadas.



**HOJA DE CÁLCULO DE POLIGONAL CERRADA - ANDAYCHAGUA**

EST.	AH			ANGULO HORIZONTAL	CORRECCION ANGULAR	ANGULO CORREGIDO	AZIMUT CALCULADO	DISTANCIA	PROYECCIONES		CORRECCION DE PROY.		PROYECCIONES COR.		COORDENADAS		VERT
	°	'	''						ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	
Zinicial	140	28	06	140°28'6"			140°28'6"	602.47	383.4749	-464.6688	-0.0015	0.0000	383.4734	-464.6688	390017.5644	8701191.5370	BM1
BM1	89	55	08	89°55'8"	0°0'0.58"	89°55'8.58"	122°8'37.58"	478.86	405.4583	-254.7754	-0.0012	0.0000	405.4571	-254.7754	390423.0215	8700472.0928	BM2
BM2	161	40	31	161°40'31"	0°0'0.58"	161°40'31.58"	119°20'13.17"	623.08	543.1719	-305.2752	-0.0015	0.0000	543.1704	-305.2752	390966.1919	8700166.8176	BM3
BM3	177	11	35	177°11'35"	0°0'0.58"	177°11'35.58"	35°2'26.76"	690.51	396.4626	565.3507	-0.0017	0.0000	396.4609	565.3507	391362.6529	8700732.1683	BM4
BM4	95	42	13	95°42'13"	0°0'0.58"	95°42'13.58"	289°23'9.35"	735.03	-693.3569	243.9782	-0.0018	0.0000	-693.3587	243.9781	390669.2942	8700976.1464	BM5
BM5	74	20	42	74°20'41.99"	0°0'0.58"	74°20'42.58"	307°46'15.74"	508.9	-402.2675	311.7051	-0.0013	0.0000	-402.2687	311.7051	390267.0254	8701287.8515	BM6
BM6	198	23	06	198°23'5.8"	0°0'0.58"	198°23'6.38"	282°54'3.83"	414.01	-403.5592	92.4353	-0.0010	0.0000	-403.5602	92.4353	389863.4653	8701380.2868	BM7
BM7	155	07	48	155°7'47.5"	0°0'0.58"	155°7'48.08"	230°32'57.41"	297.05	-229.3735	-188.7498	-0.0007	0.0000	-229.3743	-188.7498	389634.0910	8701191.5370	BM8
BM8	127	38	53	127°38'53"	0°0'0.58"	127°38'53.58"											
SUM				1079°59'55.31"		1080°0'0"		<b>4349.91</b>	<b>0.0107</b>	<b>0.0001</b>	<b>-0.0107</b>	<b>-0.0001</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.0000</b>			

N° DE VERTICES:	08
SUMA ANG INT POL:	1079°59'55.31"
SUMA ANG. INT. TEORICO:	1080°0'0"
ERROR ANGULAR:	0°0'4.69"
PRECISION EQUIPO:	0°0'2"
TOLERANCIA ANGULAR:	0°0'5.65"
CORRECCION ANGULAR:	0°0'0.58"

OK

ERROR ESTE:	-0.0107
ERROR NORTE:	-0.0001
ERROR LINEAL:	0.0107
TOLERANCIA ERROR LINEAL	0.0989
PERIMETRO POLIGONO	4349.91

Cuadro N° 24 – Cuadro Completo de Cálculos Poligonal Cerrada.

## **CAPÍTULO 5**

### **V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Después de haber desarrollado la investigación, se han obtenido resultados, los cuales se observarán, se analizarán e interpretarán en los siguientes ítems:

#### **5.1. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Parte del análisis de los factores que intervienen en mi proyecto, he identificado, los parámetros en los cuales se pueden desarrollar cuadros comparativos desde el punto de vista de su definición, objetivos, ventajas, desventajas, equipos que utiliza, asimismo las pérdidas y ganancias los cuales se muestran en los siguientes cuadros:

<b>CUADRO COMPARATIVO: POLIGONACIÓN VS MÉTODO CONVENCIONAL</b>	
<b>POLIGONACIÓN</b>	<b>MÉTODO CONVENCIONAL</b>
<p><b>DEFINICIÓN:</b> Red poligonal de apoyo calculada y compensada, usado en control topográfico de obras.</p>	<p><b>DEFINICIÓN:</b> Control topográfico, con una iteración de puntos radiados, no calculados ni compensados</p>
<p><b>OBJETIVO:</b> Llevar el control geométrico de la obra, planimetría y altimetría en el proceso constructivo.</p>	<p><b>OBJETIVO:</b> Control topográfico en la construcción de la obra.</p>
<p><b>VENTAJAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evita errores, en los trazos y replanteos de los componentes de la obra.</li> <li>- Seguimiento detallado de cada punto de control.</li> <li>- Facilidad de trabajo desde cualquier punto en base a la base principal (estación libre).</li> <li>- Facilidad de establecer puntos de control intermedios, una vez calculado la poligonal.</li> <li>- Rapidez en trazos y replanteos más precisos.</li> </ul>	<p><b>VENTAJAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No requiere de cálculo de una red poligonal.</li> <li>- Rapidez en el establecimiento de nuevos puntos de control (puntos lanzados con una Estación Total).</li> </ul>
<p><b>DESVENTAJAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planteamiento inicial lento y trabajoso (aprox. 1 mes antes de iniciar los trabajos de movimiento de tierras).</li> </ul>	<p><b>DESVENTAJAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Errores significativos en los datos terminados que se utilizan en el control topográfico.</li> <li>- Se producen retrasos en el cronograma de obra.</li> <li>- Se produce sobre costo en obras.</li> <li>- Carreteras mal construidas, inseguras.</li> </ul>
<p><b>EQUIPOS QUE SE UTILIZA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estación Total más accesorios.</li> <li>- GpsD_ GPS - RTK.</li> <li>- Nivel de Ingeniero.</li> </ul>	<p><b>EQUIPOS QUE SE UTILIZA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estación Total más accesorios.</li> <li>- Teodolitos electrónicos y mecánicos.</li> <li>- Nivel de Ingeniero.</li> </ul>

Cuadro N° 25 – Cuadro Comparativo: Poligonación vs Método convencional.

CUADRO COMPARATIVO DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS		
	GANANCIAS	PÉRDIDAS
<b>POLIGONACIÓN</b>	Se gana precisión (datos de poligonal calculados y compensados).	
	Replanteos rápidos y precisos desde cualquier punto de control de la poligonal.	
	Desde cualquier vértice de la poligonal es sencillo establecer una nueva red de control de obra.	
	Seguridad de contar con datos calculados y compensados.	
	Garantía de realizar un trabajo eficiente.	
	Posibilidad de combinar y/o alternar el trazo y control de obra con GPS-RTK	
<b>MÉTODO CONVENCIONAL</b>	Se gana tiempo al no realizar el establecimiento de la poligonal de apoyo.	Por errores en el trazo y replanteo, se pierde tiempo y ocasiona retrasos.
		Ocasiona sobre costo al ejecutar en más de una ocasión partidas de movimiento de tierras.
		Ocasiona en muchos casos la construcción de carreteras inseguras.

	No se tiene seguridad en el trazo y replanteo por trabajar con datos con errores.
	No se puede alternar el trabajo con ningún otro método de trabajo.

Cuadro N° 26 – Cuadro Comparativo de Ganancias y Pérdidas.

Seguidamente se observan las coordenadas iniciales, calculadas con los datos “brutos” de cada poligonal:

Cuadro de coordenadas de la poligonal abierta sin compensar:

<b>COORDENADAS SIN COMPENSAR POLIGONAL ABIERTA</b>		
<b>PUNTO</b>	<b>SIN POLIGONACIÓN</b>	
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
A	473243.5400	8656212.4610
1	472853.3680	8656194.9070
2	472215.1672	8656223.6002
3	471587.4196	8656259.5627
4	471415.5603	8655891.6196
5	471106.7024	8655479.8488
6	471109.8630	8655069.1272
7	471567.9871	8654966.1637
8	471512.0076	8654654.6423
9	471343.2966	8654170.6654
10	471754.5950	8653791.5687
11	472097.7231	8653571.7881
12	472376.0526	8652609.7653
13	472181.4283	8652296.4782
14	472807.1893	8652050.0801
15	473014.9634	8651456.1592
16	473009.9299	8651076.1509

17	473037.4462	8650587.1742
18	472545.7258	8650256.5673
19	472530.8945	8649798.3382
20	472394.6759	8649319.2876
B	472130.7483	8648952.3189

**Cuadro N° 27 – Cuadro de Coordenadas sin compensar Poligonal Abierta.**

Cuadro de coordenadas de la poligonal cerrada sin compensar:

<b>COORDENADAS SIN COMPENSAR POLIGONAL CERRADA</b>		
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>VERT</b>
389634.0910	8701191.5370	BM1
390017.5659	8700726.8682	BM2
390423.0242	8700472.0928	BM3
390966.1961	8700166.8176	BM4
391362.6588	8700732.1684	BM5
390669.3019	8700976.1465	BM6
390267.0344	8701287.8516	BM7
389863.4752	8701380.2869	BM8
389634.1017	8701191.5371	BM1

**Cuadro N° 28 – Cuadro de Coordenadas sin compensar Poligonal Cerrada.**

## 5.2. PRUEBAS DE HIPÓTESIS

Las variaciones obtenidas usando el método de la poligonación vs el método convencional, estadísticamente se verifica la dispersión de coordenadas en la poligonal abierta, partiendo de los datos iniciales, observando el desplazamiento progresivo en cada vértice.

Las coordenadas finales calculadas y compensadas difieren de las coordenadas no compensadas en:

$$\Delta \text{ESTE} = 0.2663$$

$$\Delta \text{NORTE} = .3099$$

En los siguientes cuadros observamos los errores acumulados por componente (Este y Norte) y seguidamente el general:

COORDENADA ESTE			
PUNTO	SIN POLIGONACIÓN	CON POLIGONACIÓN	DESPLAZAMIENTO
	ESTE	ESTE	$\Delta$ ESTE
A	473243.5400	473243.5400	0.0000
1	472853.3680	472853.3680	0.0000
2	472215.1672	472215.1518	0.0154
3	471587.4196	471587.3971	0.0225
4	471415.5603	471415.5223	0.0380
5	471106.7024	471106.6521	0.0503
6	471109.8630	471109.7925	0.0705
7	471567.9871	471567.9075	0.0796
8	471512.0076	471511.9233	0.0843
9	471343.2966	471343.1917	0.1049
10	471754.5950	471754.4711	0.1239
11	472097.7231	472097.6107	0.1124

12	472376.0526	472375.9223	0.1303
13	472181.4283	472181.2896	0.1387
14	472807.1893	472807.0366	0.1527
15	473014.9634	473014.7983	0.1651
16	473009.9299	473009.7552	0.1747
17	473037.4462	473037.2480	0.1982
18	472545.7258	472545.5097	0.2161
19	472530.8945	472530.6616	0.2329
20	472394.6759	472394.4240	0.2519
B	472130.7483	472130.4820	<b>0.2663</b>

**Cuadro N° 29 – Cuadro de Desplazamientos Este.**





Grafico N° 01 – Desplazamientos Este.

COORDENADA NORTE			
PUNTO	SIN POLIGONACIÓN	CON POLIGONACIÓN	DESPLAZAMIENTO
	NORTE	NORTE	$\Delta$ NORTE
A	8656212.4610	8656212.4610	0.0000
1	8656194.9070	8656194.9070	0.0000
2	8656223.6002	8656223.6174	-0.0172
3	8656259.5627	8656259.5341	0.0286
4	8655891.6196	8655891.6305	-0.0109
5	8655479.8488	8655479.8069	0.0419
6	8655069.1272	8655069.0750	0.0522
7	8654966.1637	8654966.1073	0.0564
8	8654654.6423	8654654.5648	0.0775
9	8654170.6654	8654170.5785	0.0869
10	8653791.5687	8653791.4634	0.1053
11	8653571.7881	8653571.6632	0.1249
12	8652609.7653	8652609.6156	0.1497
13	8652296.4782	8652296.3226	0.1556
14	8652050.0801	8652049.9155	0.1646
15	8651456.1592	8651455.9650	0.1942
16	8651076.1509	8651075.9256	0.2253
17	8650587.1742	8650586.9600	0.2142
18	8650256.5673	8650256.3236	0.2437
19	8649798.3382	8649798.0783	0.2599
20	8649319.2876	8649318.9976	0.2900
B	8648952.3189	8648952.0090	<b>0.3099</b>

Cuadro N° 30 – Cuadro de Desplazamientos Norte.

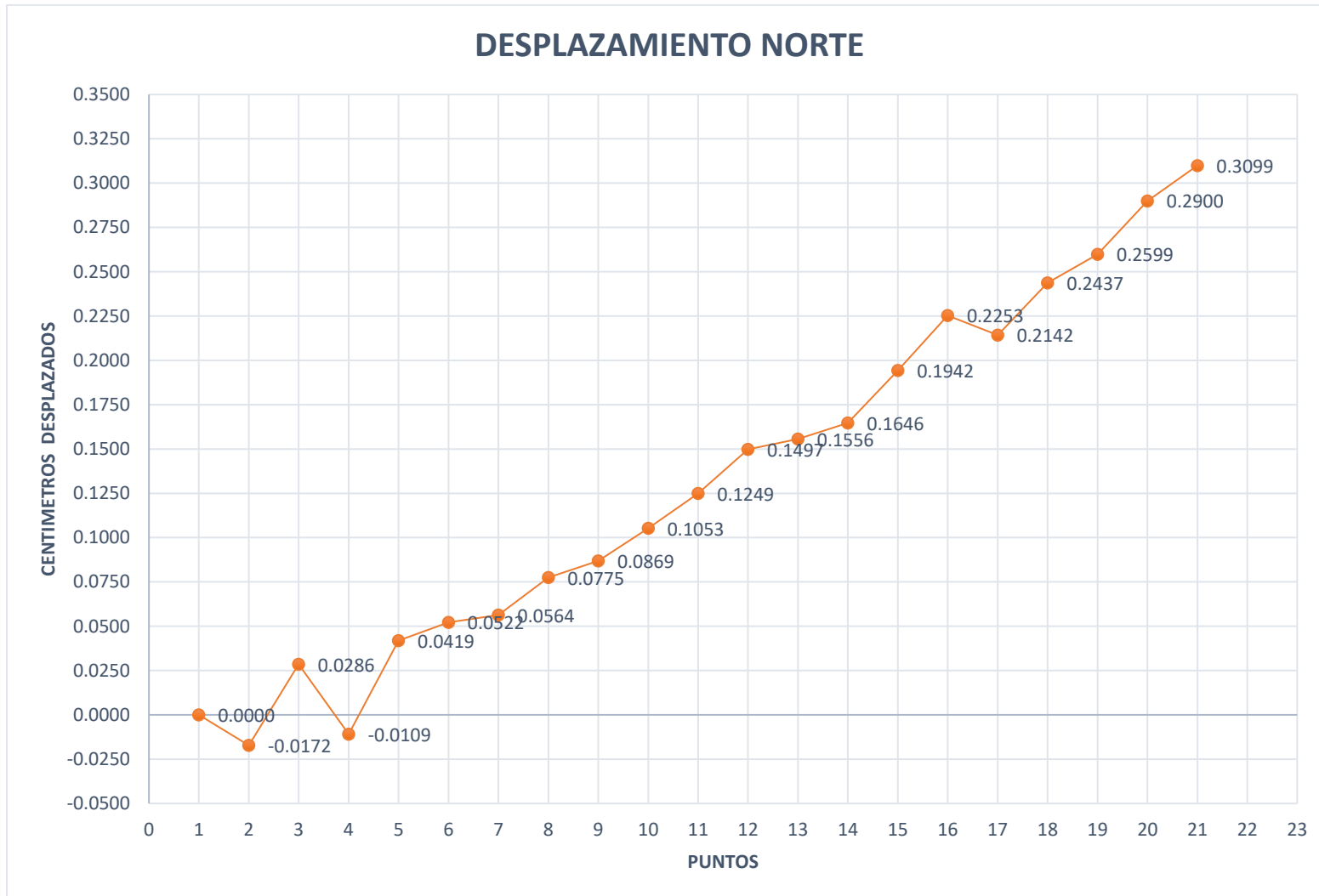


Gráfico N° 02 – Desplazamientos Norte.

CUADRO DE DISPERSIÓN DE COORDENADAS POLIGONAL ABIERTA - DATOS TERMINADOS												
PUNTO	SIN POLIGONACIÓN		CON POLIGONACIÓN		DESPLAZAMIENTO		DATOS DE DISPERSIÓN					
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	Δ ESTE	Δ NORTE	DESPLAZAMIENTO PROGRESIVO ESTE	$(E_i - \bar{x})$	$(E_i - \bar{x})^2$	DESPLAZAMIENTO PROGRESIVO NORTE	$(N_i - \bar{x})$	$(N_i - \bar{x})^2$
A	473243.5400	8656212.4610	473243.5400	8656212.4610	0.0000	0.0000						
1	472853.3680	8656194.9070	472853.3680	8656194.9070	0.0000	0.0000						
2	472215.1672	8656223.6002	472215.1518	8656223.6174	0.0154	-0.0172	0.0154	-0.0021	0.0000	-0.0172	0.0327	0.0011
3	471587.4196	8656259.5627	471587.3971	8656259.5341	0.0225	0.0286	0.0071	0.0062	0.0000	0.0458	-0.0303	0.0009
4	471415.5603	8655891.6196	471415.5223	8655891.6305	0.0380	-0.0109	0.0155	-0.0022	0.0000	-0.0395	0.0550	0.0030
5	471106.7024	8655479.8488	471106.6521	8655479.8069	0.0503	0.0419	0.0123	0.0010	0.0000	0.0529	-0.0374	0.0014
6	471109.8630	8655069.1272	471109.7925	8655069.0750	0.0705	0.0522	0.0202	-0.0069	0.0000	0.0103	0.0052	0.0000
7	471567.9871	8654966.1637	471567.9075	8654966.1073	0.0796	0.0564	0.0091	0.0042	0.0000	0.0042	0.0113	0.0001
8	471512.0076	8654654.6423	471511.9233	8654654.5648	0.0843	0.0775	0.0047	0.0086	0.0001	0.0211	-0.0056	0.0000
9	471343.2966	8654170.6654	471343.1917	8654170.5785	0.1049	0.0869	0.0206	-0.0073	0.0001	0.0093	0.0062	0.0000
10	471754.5950	8653791.5687	471754.4711	8653791.4634	0.1239	0.1053	0.0189	-0.0056	0.0000	0.0184	-0.0029	0.0000
11	472097.7231	8653571.7881	472097.6107	8653571.6632	0.1124	0.1249	-0.0115	0.0248	0.0006	0.0196	-0.0041	0.0000
12	472376.0526	8652609.7653	472375.9223	8652609.6156	0.1303	0.1497	0.0179	-0.0045	0.0000	0.0248	-0.0093	0.0001
13	472181.4283	8652296.4782	472181.2896	8652296.3226	0.1387	0.1556	0.0084	0.0049	0.0000	0.0059	0.0096	0.0001
14	472807.1893	8652050.0801	472807.0366	8652049.9155	0.1527	0.1646	0.0140	-0.0007	0.0000	0.0090	0.0065	0.0000
15	473014.9634	8651456.1592	473014.7983	8651455.9650	0.1651	0.1942	0.0124	0.0009	0.0000	0.0296	-0.0141	0.0002
16	473009.9299	8651076.1509	473009.7552	8651075.9256	0.1747	0.2253	0.0096	0.0037	0.0000	0.0311	-0.0156	0.0002
17	473037.4462	8650587.1742	473037.2480	8650586.9600	0.1982	0.2142	0.0235	-0.0102	0.0001	-0.0111	0.0266	0.0007
18	472545.7258	8650256.5673	472545.5097	8650256.3236	0.2161	0.2437	0.0179	-0.0045	0.0000	0.0294	-0.0139	0.0002
19	472530.8945	8649798.3382	472530.6616	8649798.0783	0.2329	0.2599	0.0168	-0.0035	0.0000	0.0162	-0.0007	0.0000
20	472394.6759	8649319.2876	472394.4240	8649318.9976	0.2519	0.2900	0.0190	-0.0057	0.0000	0.0301	-0.0146	0.0002
B	472130.7483	8648952.3189	472130.4820	8648952.0090	<b>0.2663</b>	<b>0.3099</b>	0.0144	-0.0011	0.0000	0.0199	-0.0044	0.0000

Cuadro N° 31 – Cuadro de Dispersión de Coordenadas Poligonal Abierta.

Resumen estadístico de resultados:

	<i>ESTE</i>	<i>NORTE</i>
<i>MIN</i>	-0.0115	-0.0395
<i>MAX</i>	0.0235	0.0529
<i>MEDIA</i>	0.0133	0.0155
<i>MEDIANA</i>	0.0149	0.0190
<i>MODA</i>	#N/A	#N/A
<i>SUMA=</i>	0.0011	0.0085
<i>n=n-1(para número de muestra)=</i>	20	20
<i>VARIANZA=</i>	0.0001	0.0004
<i>DESVIACION ESTANDAR=</i>	0.0075	0.0206

Cuadro N° 32 – Cuadro Resumen de Dispersión de Coordenadas Poligonal Abierta.

### 5.3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Finalmente se logra llegar a los datos terminados, datos en coordenadas UTM de las poligonales de apoyo, Abierta y Cerrada que han sido calculadas y compensadas por los procedimientos descritos en el Capítulo IV.

<b>COORDENADAS COMPENSADAS POLIGONAL ABIERTA</b>		
<b>PUNTO</b>	<b>CON POLIGONACIÓN</b>	
	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
A	473243.5400	8656212.4610
1	472853.3680	8656194.9070
2	472215.1518	8656223.6174
3	471587.3971	8656259.5341
4	471415.5223	8655891.6305
5	471106.6521	8655479.8069
6	471109.7925	8655069.0750
7	471567.9075	8654966.1073
8	471511.9233	8654654.5648
9	471343.1917	8654170.5785
10	471754.4711	8653791.4634
11	472097.6107	8653571.6632
12	472375.9223	8652609.6156
13	472181.2896	8652296.3226
14	472807.0366	8652049.9155
15	473014.7983	8651455.9650
16	473009.7552	8651075.9256
17	473037.2480	8650586.9600
18	472545.5097	8650256.3236
19	472530.6616	8649798.0783
20	472394.4240	8649318.9976
B	472130.4820	8648952.0090

Cuadro N° 33 – Cuadro de Coordenadas compensadas Poligonal Abierta.

<b>COORDENADAS COMPENSADAS POLIGONAL CERRADA</b>		
<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>VERT</b>
389634.0910	8701191.5370	BM1
390017.5644	8700726.8682	BM2
390423.0215	8700472.0928	BM3
390966.1919	8700166.8176	BM4
391362.6529	8700732.1683	BM5
390669.2942	8700976.1464	BM6
390267.0254	8701287.8515	BM7
389863.4653	8701380.2868	BM8
389634.0910	8701191.5370	BM1

Cuadro N° 34 – Cuadro de Coordenadas compensadas Poligonal Cerrada.

<b>N° DE VERTICES:</b>	08
<b>SUMA ANG INT POL:</b>	1079°59'55.31"
<b>SUMA ANG. INT. TEORICO:</b>	1080°0'0"
<b>ERROR ANGULAR:</b>	0°0'4.69"
<b>PRECISION EQUIPO:</b>	0°0'2"
<b>TOLERANCIA ANGULAR:</b>	0°0'5.65"
<b>CORRECCION ANGULAR:</b>	0°0'0.58"

Cuadro N° 35 – Cuadro parámetros Poligonal Cerrada.

<b>ERROR ESTE:</b>	-0.0107
<b>ERROR NORTE:</b>	-0.0001
<b>ERROR LINEAL:</b>	0.0107
<b>TOLERANCIA ERROR LINEAL</b>	0.0989
<b>PERIMETRO POLIGONO</b>	4349.91

Cuadro N° 36 – Cuadro parámetros Poligonal Cerrada.

## CONCLUSIONES

- Se llega a la conclusión que la práctica del Método de la Poligonación y su correcta aplicación es lo más eficiente para el planteamiento inicial de la Topografía de todo tipo de obra, ya sean obras lineales (Carreteras, Canales, ferrocarriles, etc), obras de saneamiento, obras de infraestructura, etc.
- El Beneficio obtenido en relación al costo, es muy superior, puesto que la inversión en tiempo y recursos en su implementación (Poligonación), nos brindará, obras más seguras, de mayor calidad en diseño y estética.
- Es necesario realizar el cálculo de la poligonal aplicando las teorías existentes rigurosamente para obtener resultados satisfactorios.
- Se Minimiza el error de posibles desplazamientos en los componentes que se replantean en campo como son: ejes de vía, anchos y sobre anchos de corte, hombros y pies de talud, bermas, cunetas, etc.
- Para cumplir cabalmente con la materialización en campo del Diseño Geométrico de Carreteras aplicado en todo diseño de vías, que contemplan las normas peruanas (Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG – 2018), es primordial desarrollar una Poligonal topográfica, calculada y compensada.
- Con el avance tecnológico en los equipos topográficos en la actualidad, se ha hecho más rápido e interactivos (en tiempo real), los trabajos topográficos en sus diversas etapas; de estudio, de planificación y ejecución.



- De igual manera el procesamiento de datos de campo utilizando los programas especializados, ha hecho posible la obtención de datos con alta precisión y de manera rápida y eficiente.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda la constante capacitación en temas relacionados, por las personas que se desempeñan en estos campos, ya que con el avance tecnológico cada vez más rápido de estos tiempos hace que nos veamos desplazados.
- La aplicación de la teoría de la Poligonación en planteamientos iniciales de la topografía en una obra debería ser de uso obligatorio y estar contemplado dentro de sus procedimientos y procesos constructivos.
- Se recomienda de igual manera, capacitarse en el uso y manejo de los instrumentos y equipos topográficos con los que contamos en la actualidad como son: Estaciones totales, Gps diferencial (Rtk), etc.
- Se recomienda al inicio de una obra de una carretera, realizar un buen estudio topográfico, para obtener la topografía inicial lo más real posible, los cuales nos permitan calcular con mayor precisión el movimiento de tierras, de materiales en la construcción, etc.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALCÁNTARA, D. (1990). Topografía. México: Mc Graw Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V.
- CARPIO HERNÁNDEZ, Juan Pedro (2002): Compensación de una poligonal por mínimos cuadrados. Topografía y Cartografía, Volumen XIX Número 108, Enero-Febrero 2002. Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos en Topografía, Madrid.
- MANUAL DE CARRETERAS: DISEÑO GEOMÉTRICO (DG - 2018), Normas Peruanas. Perú.
- KAVANAGK Barry F. y BIRD, S.J. Glenn (1989).
- ABELLAN, M. (2013). Metodología de cálculos de redes topográficas. Primera Edición. España
- JIMENEZ L. (2014), CÁLCULO DE POLIGONALES TOPOGRÁFICAS MEDIANTE
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL (IGN) (2009), Normas Peruanas. Perú.
- MANUAL DE CARRETERAS: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES
- SAMUEL FLORES LOPEZ (2016) Tesis: "EVALUACIÓN DE CINCO MÉTODOS DE AJUSTE EN POLIGONALES ABIERTAS EN LA CARRETERA AYAVIRI - PURINA"

## **ANEXOS**

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Nº de Certificado :2017 / CE / 003  
 Expedido a :  
 ACERO ESTUDIO LATAM SAC

Fecha de Calibración 18/01/2017  
 Recomendación próxima Calibración: 20/07/2017

### DATOS DEL EQUIPO

Marca LEICA Modelo TS06 POWER 5" Nº de serie 1336747

Tipo Estación Total

Precisión Angular Horizontal +/- 0,0015 gones

Precisión Angular Vertical +/- 0,0015 gones

Precisión en distancia Infrarojo 1,5 mm +2 ppm

Precisión en distancia Láser 2 mm +2 ppm

### PATRONES UTILIZADOS

Colimador Leica Universal triposicional con compensador Nº Serie 11473, certificado por el C.E.M. con el Número : CEM- 151035001 cuya incertidumbre asociada es de 0,0005 gones con un nivel de confianza del 95% (K=2)

Línea base con centrado forzoso y 3 reflectores a las distancias conocidas y certificadas por el CEM. NºCEM: 151035002 Distancia Prisma 1: 10.448 8 (m), Distancia Prisma 2: 4.075 8 (m) Distancia Diana1: 10.429 6 (m), Distancia Diana 2: 4.467 4 (m)

TEMPERATURA/HUMEDAD: 21 +/- 0.5 °c / 999.9 +/- 0.1 hPa

Incertidumbres calculadas con un nivel de confianza del 95% (k=2)

Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN  
 Acre Surveying Solutions Perú S.A.C.



Todos los valores están expresados en gon

ENTRADA DEL ANGULO HORIZONTAL

S/N 1336747

	1-I	1-II	2-I	2-II	3-I	3-II	4-I	4-II	5-I	5-II
LECTURA	0.0000	200.0006	0.0000	200.0005	0.0000	200.0004	0.0000	200.0002	0.0000	200.0004
ERROR	0.0003		0.0002		0.0002		0.0001		0.0002	

ERROR MEDIO O DIFERENCIA 0.0002

SALIDA DEL ANGULO HORIZONTAL

	1-I	1-II	2-I	2-II	3-I	3-II	4-I	4-II	5-I	5-II
LECTURA	0.0000	200.0000	0.0000	200.0000	0.0000	200.0000	0.0000	200.0000	0.0000	200.0000
ERROR	0.0000		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	

ERROR MEDIO O DIFERENCIA 0.0000 INCERTIDUMBRE 0.0005

ENTRADA DEL ANGULO VERTICAL

	1-I	1-II	2-I	2-II	3-I	3-II	4-I	4-II	5-I	5-II
LECTURA	100.0005	300.0004	100.0006	300.0004	100.0003	300.0003	100.0002	300.0004	100.0004	300.0002
ERROR	0.0005		0.0005		0.0003		0.0003		0.0003	

ERROR MEDIO O DIFERENCIA 0.0004

SALIDA DEL ANGULO VERTICAL

	1-I	1-II	2-I	2-II	3-I	3-II	4-I	4-II	5-I	5-II
LECTURA	100.0000	300.0000	100.0000	300.0000	100.0000	300.0000	100.0000	300.0000	100.0000	300.0000
ERROR	0.0000		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000	

ERROR MEDIO O DIFERENCIA 0.0000 INCERTIDUMBRE 0.0005

ERROR DE MUÑONES

(Para una inclinación de +/- 30 gon)

	1	2	3	4	5	ERROR MEDIO O DIFERENCIA	INCERTIDUMBRE
ENTRADA	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
SALIDA	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005

Entrada EDM Láser/Infrarojo: 1,5 mm  
 Entrada EDM Láser: 2 mm

Salida EDM Láser/Infrarojo: 1,5 mm  
 Salida EDM Láser: 2 mm

COMPROBACION DE PLOMADA O.K

COMPROBACION DE DISTANCIAS GEM O.K

SERVICIO TÉCNICO



# G&S INGENIERIA

Importación, Venta, Alquiler y Reparación de Instrumentos de Topografía  
Topografía & Geodesia - Servicios de Topografía en General  
CALIDAD - GARANTIA. PUNTUALIDAD



## CERTIFICADO DE CALIBRACION N°3056/01/2011

EQUIPO	MARCA	MODELO	Nº SERIE	LASER
ESTACION TOTAL	TRIMBLE	M3-DR2"	RS230C	400 MTS

### MEDICION DEL SISTEMA ANGULAR:

VALOR DE PATRON DE MEDICION		
GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
00	00	00

VALOR A CORREGIR			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERT.	00	00	03
HORIZONT	00	00	01

VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO			
EQUIPO	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERT.	359°	59	57
HORIZONT	359°	59	59

RANGO DE TOLERANCIA			
	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
±	359°	59	59
±	00°	00	00

### SISTEMA DE MEDICION DE DISTANCIA:

PATRON DE MEDICION	15.00mts	30.00mts	60.00mts	90.00mts	210.00mts
VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	15.00mts	30.00mts	60.00mts	90.00mts	210.00mts
ERROR A CORREGIR	00.00mm	00.00mm	00.00mm	00.00mm	00.00mm

COMPENSADORES - TILT	HORIZONTAL	VERTICAL
VALOR LEIDO	00 Seg.	00 Seg.
VALOR A CORREGIR	01 Seg.	01 Seg.

### • PRECISION DEL INSTRUMENTO:

Sistema angular según norma DIN 18723 la precisión angular es de 2" lectura mínima en el Display 1" o 5" Sistema de medición de Distancia ± (2mm+2ppm DX) m.s.e. con 1 prismas 5000 metros

• **G&S INGENIERIA**, Certifica que el Equipo Topográfico mencionado cumple con las Especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares Internacionales establecidos según (DIN 18723).

### • COLIMADOR:

La verificación del alineamiento de los colimadores se realiza diariamente según manual de Instrucción de la fábrica estándar basada en la norma: ISO 9001:2008/FM/S014001 y Cumplimos con los Estándar de Fábrica Establecidos en Equipos de Precisión y Topografía. Normas Internacionales Establecidos según (DIN18723).

• **CALIBRACION:** El Equipo Topográfico fue calibrado con el colimador de la marca: **Trimble modelo M3RS230C**, con su Certificado de Calibración correspondiente.

El Equipo Topográfico, cumple con los errores de cierre de fábrica según estándar DIN 18723 normados Internacionalmente en Equipos de Topografía y Geodesia.

CERTIFICADO POR	TECNICO RESPONSABLE	FECHA DE EMISION
 DANIEL SANTOS ROQUE HUERTAS INGENIERO CIVIL Reg. N° Colegio de Ingenieros N° 89380	 <b>C&amp;S INGENIERIA</b> LUIS SILVA GUTIERREZ TECNICO JEFE	FECHA DE CALIBRACION: 02/02/11 FECHA DE VENCIMIENTO: 02/07/11



PENTAX SOKKIA



Pasaje Acuña. Mz.G Lot. 2 Urb. Santa Rosa-Comas. Lima Peru Telef. 541-1748 Cel. 946330476  
[www.gys-ingenieria.com](http://www.gys-ingenieria.com) / Email: proyectos\_topograficos@yahoo.es/ventas@gys-ingenieria.com

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

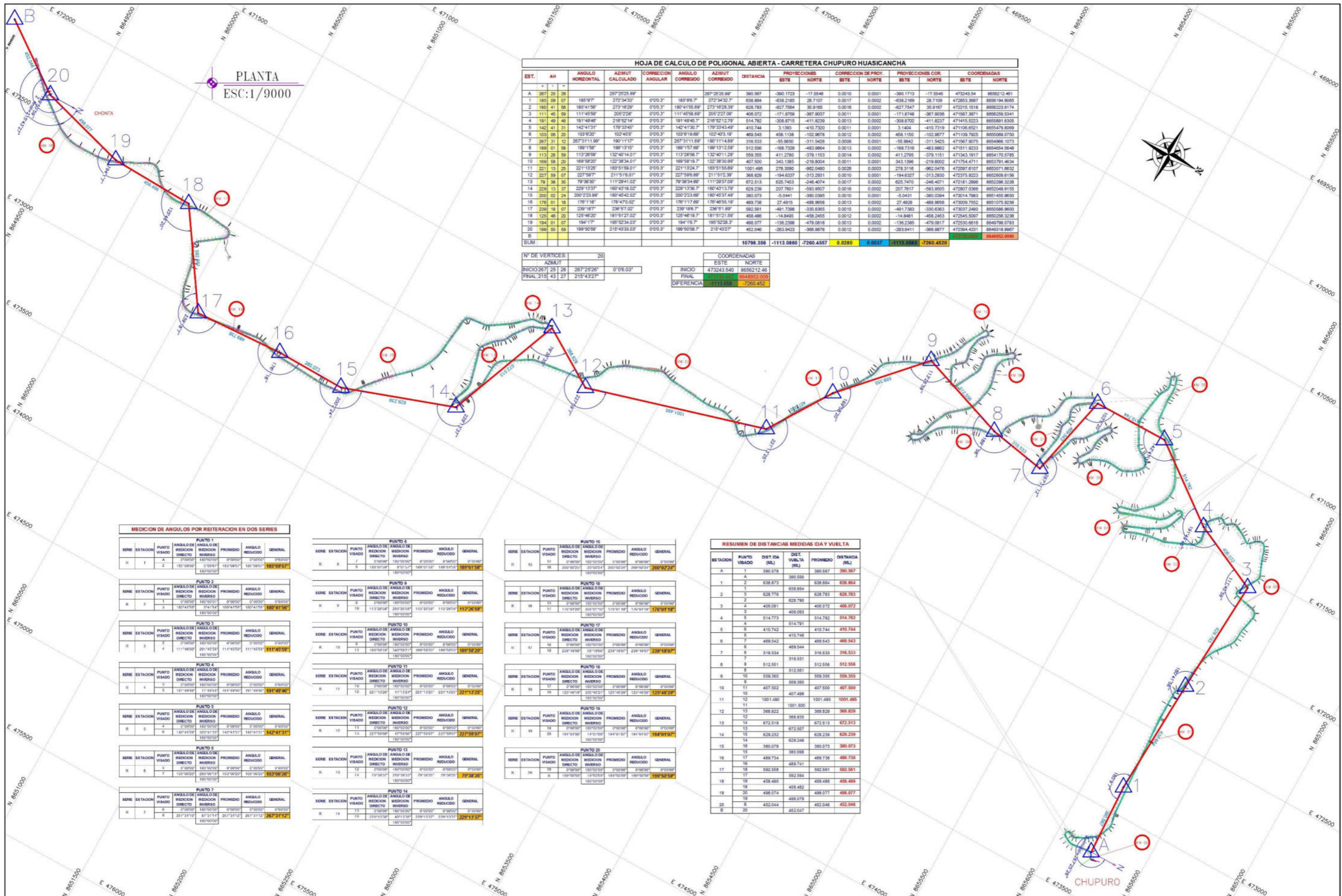
### Título: LA POLIGONACIÓN EN LA TOPOGRAFÍA INICIAL PARA EL CONTROL DEL DISEÑO GEOMÉTRICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS. ESTUDIO DE CASOS.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES
<p>General:</p> <p>- ¿La aplicación de la Poligonación en la topografía inicial para el control del diseño geométrico en la construcción de carreteras, permitirá corregir, evitar el mal control topográfico y por consiguiente los errores más comunes ocasionados?</p> <p>Específicos:</p> <p>- ¿El desconocimiento y/o la no aplicación de la poligonación, ocasiona errores e imprecisiones en el control topográfico del Diseño Geométrico de una vía, durante su construcción?</p> <p>- ¿El incorrecto cálculo y compensación de la Red poligonal Abierta y Cerrada afecta en la construcción de carreteras?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Realizar un eficaz y eficiente planteamiento inicial (Poligonal de Apoyo) para el control Topográfico del Diseño Geométrico de una obra lineal como es una Carretera.</p> <p><b>Específicos:</b></p> <p>- Determinar la precisión y confiabilidad en los resultados obtenidos por el método de la poligonación para el control en trazo y replanteo del Diseño Geométrico de una carretera</p> <p>- Realizar el cálculo y compensación precisa y correcta de las coordenadas UTM de los vértices de la poligonal abierta y cerrada de apoyo.</p> <p>.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La correcta aplicación de la Poligonación de Apoyo y los métodos y procedimientos topográficos, minimizan los errores y problemas en la construcción de carreteras.</p> <p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <p>- Capacitaciones en el Método de la Poligonación para el control del Diseño Geométrico de Carreteras al personal técnico a cargo como son: Ingenieros de Oficina Técnica, Topógrafos, Niveladores, etc.</p> <p>- Capacitaciones en Procedimientos Topográficos en obras lineales a personal en este tipo de trabajos.</p>	<p><b>Variables Independientes:</b></p> <p>- La Poligonación en la topografía inicial para el control del diseño Geométrico en la construcción de carreteras.</p> <p><b>Dependientes:</b></p> <p>- Carreteras construidas eficientemente, evitando problemas y errores ocasionados por el mal planteamiento inicial, desconocimiento del método de la poligonación.</p>

Cuadro N° 25 – Matriz de Consistencia.

## **PLANOS**





### HOJA DE CALCULO DE POLIGONAL ABIERTA - CARRETERA CHUPURO HUASICANCHA

EST.	AH	ANGULO HORIZONTAL	AZIMUT CALCULADO	CORRECCION ANGULAR	ANGULO CORREGIDO	AZIMUT CORREGIDO	DISTANCIA	PROYECCIONES ESTE NORTE	CORRECCION DE PROY. ESTE NORTE	PROYECCIONES COR. ESTE NORTE	COORDENADAS ESTE NORTE
A	267	28	267 28 25 98'		267 28 25 98'	267 28 25 98'	390 967	-390 1723 -17 5548	0 0000 0 0001	-390 1713 -17 5545	472034 54 865012 401
1	185	07	272 24 33'	0 00 3"	185 06 37'	272 24 32 7"	638 864	-638 2165 28 7107	0 0017 0 0002	-638 2169 28 7109	472633 387 8650194 8063
2	180	41	180 41 56'	0 00 3"	180 41 55 69'	273 16 28 39"	628 783	-627 7564 35 9166	0 0016 0 0002	-627 7547 35 9167	472215 1518 8650223 6174
3	111	45	111 45 59'	0 00 3"	111 45 56 69'	205 22 27 08"	408 072	-411 8759 -387 8037	0 0011 0 0001	-411 8748 -387 8036	471567 3971 8650259 5341
4	191	49	191 49 46'	0 00 3"	191 49 45 7'	216 52 12 79"	514 782	-514 8236 -411 8236	0 0013 0 0002	-514 8250 -411 8237	471415 5223 8650289 6305
5	142	41	142 41 31'	0 00 3"	142 41 30 7'	179 33 43 49"	410 744	-410 7320 3 1393	0 0011 0 0001	-410 7319 3 1394	471106 6521 8650329 8089
6	103	06	103 06 20'	0 00 3"	103 06 16 69'	152 40 13 70"	499 543	-498 1138 -152 9678	0 0012 0 0002	-498 1150 -152 9677	471028 7625 8650369 6793
7	267	12	267 31 11 99'	0 00 3"	267 31 11 69'	180 11 4 88"	316 533	-315 9850 -311 5426	0 0008 0 0001	-315 9842 -311 5425	470917 8275 8650406 1073
8	186	01	186 01 58'	0 00 3"	186 01 57 69'	199 13 15 59"	612 556	-612 7209 -483 9864	0 0013 0 0002	-612 7216 -483 9862	471511 8233 8650454 5648
9	113	28	113 28 59'	0 00 3"	113 28 56 7'	132 40 11 29"	558 355	-558 1153 -379 1153	0 0014 0 0002	-558 1167 -379 1151	471343 1917 8650470 5785
10	169	58	169 58 20'	0 00 3"	169 58 19 7'	122 38 30 99"	407 500	-407 1385 -219 8002	0 0011 0 0001	-407 1396 -219 8002	47154 4711 8650479 4534
11	221	13	221 13 25'	0 00 3"	221 13 24 7'	163 51 56 69'	1001 496	-1002 0480 -962 0480	0 0008 0 0003	-1001 998 962 0478	472097 6107 86505271 8632
12	227	58	227 58 07'	0 00 3"	227 58 06 99'	211 5 16 91"	368 829	-368 829 -194 8337	0 0010 0 0001	-368 829 -194 8337	472375 5223 8650569 6156
13	79	58	79 58 36'	0 00 3"	79 58 34 69'	111 29 41 59"	79 363 469	-79 363 469 -248 4074	0 0017 0 0002	-79 363 469 -248 4074	472181 2698 8650596 5228
14	229	13	229 13 37'	0 00 3"	229 13 36 7'	160 43 13 79"	626 239	-626 239 -583 9507	0 0016 0 0002	-626 239 -583 9507	47267 7817 8650624 9155
15	200	02	200 02 24'	0 00 3"	200 02 23 69'	180 45 42 52"	380 073	-380 073 -5 0441	0 0001 0 0001	-380 073 -5 0441	473014 7883 8651455 9650
16	176	01	176 01 18'	0 00 3"	176 01 17 69'	178 46 55 19"	489 738	-489 738 -488 9668	0 0013 0 0002	-489 738 -488 9668	473009 7502 8651075 8258
17	239	18	239 18 07'	0 00 3"	239 18 06 7'	236 9 1 89"	582 561	-582 561 -330 6365	0 0015 0 0002	-582 561 -330 6365	47307 2480 8650586 9600
18	126	46	126 46 20'	0 00 3"	126 46 19 7'	181 5 21 59"	458 480	-458 480 -14 8493	0 0012 0 0002	-458 480 -14 8481	472545 5097 8650258 3238
19	194	01	194 01 07'	0 00 3"	194 01 06 7'	195 52 34 27"	496 077	-496 077 -136 2398	0 0013 0 0002	-496 077 -136 2398	472536 6816 8649798 0783
20	190	50	190 50 59'	0 00 3"	190 50 58 7'	219 43 27 7"	452 048	-452 048 -388 9878	0 0012 0 0002	-452 048 -388 9877	472984 4231 8649181 8967
B											472000 0 8650000
SUM											10798 356 -1113 080 -7260 4557 0 0280 0 0037 -1113 0968 -7260 4520

N° DE VERTICES: 20  
 AZIMUT: INICIO 267 28 25 26' 0 06 03" FINAL 215 4 32 27'

COORDENADAS ESTE NORTE: INICIO 473243 540 865012 468 FINAL 472000 0 8650000 DIFERENCIA -1243 540 -7987 532

#### MEDICION DE ANGULOS POR REITERACION EN DOS SERIES

SERIE	ESTACION	PUNTO VISADO	ANGULO DE MEDICION DIRECTO	ANGULO DE MEDICION INVERSO	PROMEDIO	ANGULO REDUCIDO	GENERAL
R	1	2	185° 06' 37"	185° 06' 37"	185° 06' 37"	185° 06' 37"	185° 06' 37"
R	2	3	111° 45' 59"	111° 45' 59"	111° 45' 59"	111° 45' 59"	111° 45' 59"
R	3	4	191° 49' 46"	191° 49' 46"	191° 49' 46"	191° 49' 46"	191° 49' 46"
R	4	5	142° 41' 31"	142° 41' 31"	142° 41' 31"	142° 41' 31"	142° 41' 31"
R	5	6	103° 06' 20"	103° 06' 20"	103° 06' 20"	103° 06' 20"	103° 06' 20"
R	6	7	267° 31' 11 99"	267° 31' 11 99"	267° 31' 11 99"	267° 31' 11 99"	267° 31' 11 99"

SERIE	ESTACION	PUNTO VISADO	ANGULO DE MEDICION DIRECTO	ANGULO DE MEDICION INVERSO	PROMEDIO	ANGULO REDUCIDO	GENERAL
R	8	9	186° 01' 58"	186° 01' 58"	186° 01' 58"	186° 01' 58"	186° 01' 58"
R	9	10	113° 28' 59"	113° 28' 59"	113° 28' 59"	113° 28' 59"	113° 28' 59"
R	10	11	169° 58' 20"	169° 58' 20"	169° 58' 20"	169° 58' 20"	169° 58' 20"
R	11	12	221° 13' 25"	221° 13' 25"	221° 13' 25"	221° 13' 25"	221° 13' 25"
R	12	13	227° 58' 07"	227° 58' 07"	227° 58' 07"	227° 58' 07"	227° 58' 07"
R	13	14	79° 58' 36"	79° 58' 36"	79° 58' 36"	79° 58' 36"	79° 58' 36"

SERIE	ESTACION	PUNTO VISADO	ANGULO DE MEDICION DIRECTO	ANGULO DE MEDICION INVERSO	PROMEDIO	ANGULO REDUCIDO	GENERAL
R	15	16	200° 02' 24"	200° 02' 24"	200° 02' 24"	200° 02' 24"	200° 02' 24"
R	16	17	176° 01' 18"	176° 01' 18"	176° 01' 18"	176° 01' 18"	176° 01' 18"
R	17	18	239° 18' 07"	239° 18' 07"	239° 18' 07"	239° 18' 07"	239° 18' 07"
R	18	19	126° 46' 20"	126° 46' 20"	126° 46' 20"	126° 46' 20"	126° 46' 20"
R	19	20	194° 01' 07"	194° 01' 07"	194° 01' 07"	194° 01' 07"	194° 01' 07"

#### RESUMEN DE DISTANCIAS MEDIDAS IDA Y VUELTA

ESTACION	PUNTO VISADO	DIST. DA (M)	DIST. VUELTA (M)	PROMEDIO	DISTANCIA (M)
A	1	380 578	380 567	380 572	380 567
1	2	638 873	638 864	638 868	638 864
2	3	628 776	628 780	628 778	628 783
3	4	408 081	408 072	408 076	408 072
4	5	514 775	514 782	514 778	514 782
5	6	410 742	410 744	410 743	410 744
6	7	499 542	499 544	499 543	499 543
7	8	316 534	316 533	316 533	316 533
8	9	512 551	512 556	512 553	512 556
9	10	558 360	558 358	558 359	558 355
10	11	407 502	407 500	407 501	407 500
11	12	1001 490	1001 495	1001 492	1001 495
12	13	368 822	368 829	368 825	368 829
13	14	672 518	672 513	672 515	672 513
14	15	626 232	626 239	626 235	626 239
15	16	380 078	380 073	380 075	380 073
16	17	489 734	489 738	489 736	489 738
17	18	458 480	458 484	458 482	458 485
18	19	496 074	496 077	496 075	496 077
19	20	452 044	452 048	452 046	452 048
B	20	462 047	462 047	462 047	462 047

Gerente General:  
 Gerente Infraestructura:  
 Sub Gerente de Estudios:

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CHUPURO - VISTA ALEGRE - CHICCHE - CHONGOS ALTO - HUASICANCHA  
 PROVINCIA DE HUANCAYO - DEPARTAMENTO DE JUNÍN  
 TRAMO: CHUPURO - VISTA ALEGRE

Dpto.: JUNIN  
 Prov.: HUANCAYO  
 Dist.: CHUPURO-CHICCHE CHONGOS ALTO-HUASICANCHA

**CONSTRUCTORA NEPTUNO**

Dibujo: PDF  
 Fecha:  
 Escala: INDICADA

Plano: **PLANO DE PUNTOS POLIGONAL ABIERTA**  
 Km 0+000 - Km 18+452.046

Lamina: **P-01**

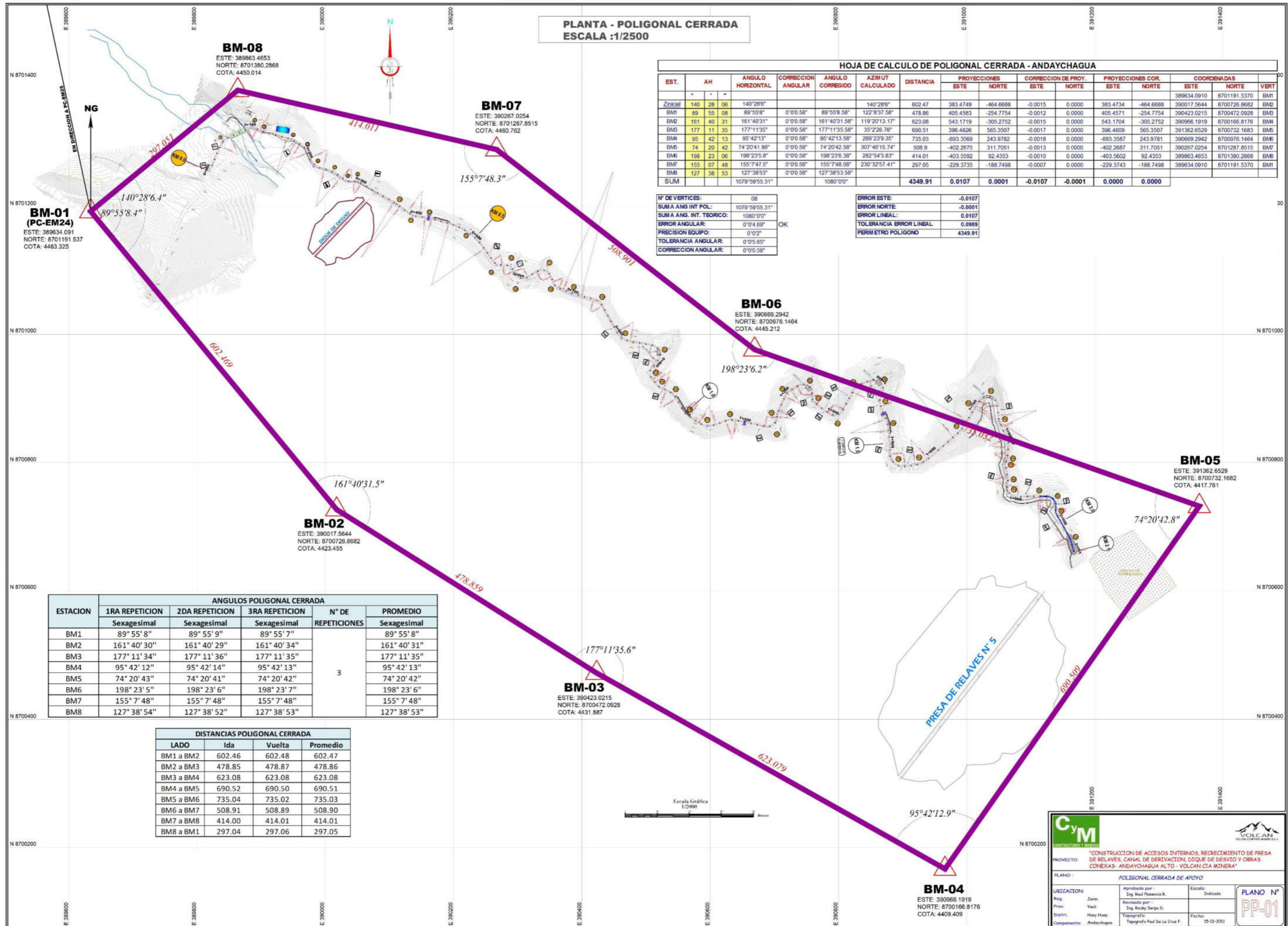
**PLANTA - POLIGONAL CERRADA  
ESCALA :1/2500**

**HOJA DE CALCULO DE POLIGONAL CERRADA - ANDAYCHAGUA**

EST.	AH	ANGULO HORIZONTAL	CORRECCION ANGULAR	ANGULO CORREGIDO	AZIMUT CALCULADO	DISTANCIA	PROYECCIONES		CORRECCION DE PROJ.		PROYECCIONES COR.		COORDENADAS		
							ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	VERT
Z inicial	140	28	06	140°28'6"	140°28'6"	602.47	383.4749	-464.6688	-0.0015	0.0000	383.4734	-464.6688	389634.0910	8701191.5370	BM1
BM1	89	55	08	89°55'8"	122°9'37.58"	478.86	405.4583	-254.7754	-0.0012	0.0000	405.4571	-254.7754	390423.0215	8700472.0928	BM2
BM2	161	40	31	161°40'31"	119°20'13.17"	623.08	543.1719	-305.2752	-0.0015	0.0000	543.1704	-305.2752	390966.1919	8700166.8176	BM3
BM3	177	11	35	177°11'35"	35°2'26.76"	690.51	396.4626	565.3507	-0.0017	0.0000	396.4609	565.3507	391362.6529	8700732.1683	BM4
BM4	95	42	13	95°42'13"	289°2'39.35"	735.03	-693.3569	243.9782	-0.0018	0.0000	-693.3587	243.9781	390669.2942	8700976.1464	BM5
BM5	74	20	42	74°20'42.98"	307°46'15.74"	508.9	-402.2675	311.7051	-0.0013	0.0000	-402.2687	311.7051	390267.0254	8701287.8515	BM6
BM6	198	23	06	198°23'5.8"	282°54'3.83"	414.01	-403.5592	92.4353	-0.0010	0.0000	-403.5602	92.4353	389863.4653	8701380.2868	BM7
BM7	155	7	48	155°7'48.5"	230°32'57.41"	297.05	-229.3735	-188.7498	-0.0007	0.0000	-229.3743	-188.7498	389634.0910	8701191.5370	BM8
BM8	127	38	53	127°38'53"	0°0'0"										BM1
SUM				1079°59'55.31"	1080°0'0"		4349.91	0.0107	0.0001	-0.0107	-0.0001	0.0000	0.0000		

N° DE VERTICES:	08
SUMA ANG INT POL:	1079°59'55.31"
SUMA ANG. INT. TEORICO:	1080°0'0"
ERROR ANGULAR:	0°0'4.68" OK
PRECISION EQUIPO:	0°0'2"
TOLERANCIA ANGULAR:	0°0'5.65"
CORRECCION ANGULAR:	0°0'0.58"

ERROR ESTE:	-0.0107
ERROR NORTE:	-0.0001
ERROR LINEAL:	0.0107
TOLERANCIA ERROR LINEAL:	0.0989
PERIMETRO POLIGONO:	4349.91



ESTACION	ANGULOS POLIGONAL CERRADA			N° DE REPETICIONES	PROMEDIO Sexagesimal
	1RA REPETICION Sexagesimal	2DA REPETICION Sexagesimal	3RA REPETICION Sexagesimal		
BM1	89° 55' 8"	89° 55' 9"	89° 55' 7"	3	89° 55' 8"
BM2	161° 40' 30"	161° 40' 29"	161° 40' 34"		161° 40' 31"
BM3	177° 11' 34"	177° 11' 36"	177° 11' 35"		177° 11' 35"
BM4	95° 42' 12"	95° 42' 14"	95° 42' 13"		95° 42' 13"
BM5	74° 20' 43"	74° 20' 41"	74° 20' 42"		74° 20' 42"
BM6	198° 23' 5"	198° 23' 6"	198° 23' 7"		198° 23' 6"
BM7	155° 7' 48"	155° 7' 48"	155° 7' 48"		155° 7' 48"
BM8	127° 38' 54"	127° 38' 52"	127° 38' 53"		127° 38' 53"

LADO	DISTANCIAS POLIGONAL CERRADA		
	Ida	Vuelta	Promedio
BM1 a BM2	602.46	602.48	602.47
BM2 a BM3	478.85	478.87	478.86
BM3 a BM4	623.08	623.08	623.08
BM4 a BM5	690.52	690.50	690.51
BM5 a BM6	735.04	735.02	735.03
BM6 a BM7	508.91	508.89	508.90
BM7 a BM8	414.00	414.01	414.01
BM8 a BM1	297.04	297.06	297.05

**CyM**  
CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS

**VOLCAN**  
VOLCAN CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS

PROYECTO: "CONSTRUCCION DE ACCESOS INTERNOS, REGRECIMIENTO DE PRESA DE RELAVES, CANAL DE DERIVACION, DIQUE DE DESVIO Y OBRAS CONEXAS - ANDAYCHAGUA ALTO - VOLCAN CTA MINERA"

PLANO: POLIGONAL CERRADA DE APOYO

UBICACION:	Aprobado por:	Escala:	<b>PLANO N° PP-01</b>
Reg. Junin,	Ing. Saul Plasencia R.	Indicada	
Prov. Yauli,	Revisado por:		
Distri. Huay Hany,	Ing. Rocky Serpa D.		
Compamto: Andaychagua,	Topografo:	Fecha:	
	Topografo Paul De La Cruz F.	15-12-2011	