

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas



**“AUTOMATIZACIÓN EN MONITOREO DE
TALUDES EN LA COMPAÑÍA MINERA
COIMOLACHE S.A. CAJAMARCA”**

TESIS

Para Optar el Título Profesional de

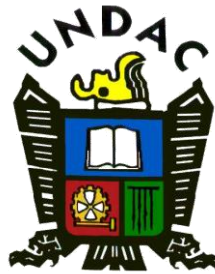
INGENIERO DE MINAS

Bachiller: Kael Isidro CABEZAS NIEVES

Asesor: Nieves Oswaldo GORA TUFINO

Cerro de Pasco – Perú - 2018

Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas



**“AUTOMATIZACIÓN EN MONITOREO DE
TALUDES EN LA COMPAÑÍA MINERA
COIMOLACHE S.A. CAJAMARCA”**

Presentado por:

Bachiller: Kael Isidro CABEZAS NIEVES

Sustentado el 20 de diciembre del 2018 y aprobado ante

la comisión de Jurados

Ing. ZENTENO GÓMEZ, Floro Pagel

PRESIDENTE

Mg. OSCURILLA TAPIA, Joel Enrique

MIEMBRO

Ing. LEDESMA VELITA, Wenceslao Julio

MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis padres Diomedes y Ricardo, por haber dedicado sus vidas en la educación de sus hijos, a mis hermanos Mayra y Wagner, por apoyo incondicional.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN.	1
1.1 DATOS GENERALES.....	1
1.1.1 TITULO DEL PROYECTO	1
1.1.2 NOMBRE DEL GRADUANDO	1
1.1.3 LUGAR DONDE SE VA DESARROLLAR LA TESIS	1
1.1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1 IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.3 OBJETIVOS	5
1.2.4 IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.3 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	6
1.3.1 MARCO TEÓRICO.....	6
1.3.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	7
1.3.3 HIPÓTESIS	10
1.3.4 VARIABLES	11
1.4 METODOLOGÍA.....	12
1.4.1 MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.4.2 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	13
1.4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.	15
1.4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	15
1.4.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	16
1.4.6 INDICADORES	16
CAPÍTULO 2.ASPECTOS GENERALES.....	17
2.1 GENERALIDADES	17
2.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	17
2.1.2 ACCESIBILIDAD	19
2.1.3 TOPOGRAFÍA Y ECOSISTEMAS.....	19
2.1.4 CLIMATOLOGÍA	21
2.1.5 HIDROGRAFÍA	21

2.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS	22
2.2.1 GEOLOGÍA REGIONAL.....	22
2.2.2 GEOLOGÍA LOCAL.....	33
2.2.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	38
CAPÍTULO 3.AUTOMATIZACIÓN EN MONITOREO DE TALUDES EN LA COMPAÑÍA MINERA COIMOLACHE S.A. CAJAMARCA.	41
3.1 ESTACIONAMIENTO DE EQUIPO	41
3.1.1 POSICIONAMIENTO DE PRISMAS	44
3.1.2 POSICIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN TOTAL	50
3.2 PROCESAMIENTO MANUAL DE DATOS	51
3.3 CONSIDERACIONES PARA LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA ..	55
3.3.1 DETERMINACIÓN DE FACTORES ERRÁTICOS	55
3.3.2 CONSIDERACIÓN ANALÍTICAS PARA GRAFICAS DE DESPLAZAMIENTO.....	69
3.4 ELABORACIÓN DEL PROGRAMA	73
3.4.1 DATA GENERAL.....	73
3.4.2 DATA PRELIMINAR.....	74
3.4.3 DATA PROCESADA	75
3.4.4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	78
3.4.5 CONSOLIDADO.....	81
3.5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	83
3.5.1 ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTOS	83
3.5.2 ANÁLISIS DE VELOCIDAD	89
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 CUADRO COMPARATIVO DE TIEMPO DE PROCESAMIENTO DE DATOS	4
Tabla 2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	12
Tabla 3 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	14
Tabla 4 ACCESIBILIDAD.....	19
Tabla 5 DATOS DEL PRISMA CE-01 DEL DME CN.....	53
Tabla 6 DATOS AMBIENTALES.....	62
Tabla 7 RESUMEN DE DATOS AMBIENTALES.....	63
Tabla 8 DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL	66
Tabla 9 DESVIACIÓN ESTÁNDAR	67
Tabla 10 LIMITES DE VELOCIDADES.....	70
Tabla 11 PUNTOS DE DISPERSIÓN DEL LIMITE CIRCULAR DE INFLUENCIA DEL MOVIMIENTO.....	70
Tabla 12 DATA GENERAL	73
Tabla 13 DATA PRELIMINAR.....	74
Tabla 14 ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL	83

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 DESPLAZAMIENTO DEL PRISMA CE-01, PROCESADA Y SIN PROCESAR.....	54
GRÁFICO 2 VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO	55
GRÁFICO 3 DESVIACIÓN ESTÁNDAR (DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL) 68	
GRÁFICO 4 DESVIACIÓN ESTÁNDAR (DESPLAZAMIENTO VERTICAL).....	68
GRÁFICO 5 DESPLAZAMIENTO SIN LIMITE CIRCULAR	69
GRÁFICO 6 PUNTO DE DISPERSIÓN ($R \times \cos(\beta)$; Y).....	71
GRÁFICO 7 PUNTO DE DISPERSIÓN (X ; $R \times \sin(\beta)$)	71
GRÁFICO 8 PUNTO DE DISPERSIÓN ($R \times \cos(\beta)$; $R \times \sin(\beta)$)	72
GRÁFICO 9 4 LÍMITE DE INFLUENCIA CIRCULAR CON RADIOS DE 0.1 CM, 0.3 CM, 1.0 CM Y 2.5 CM.....	72
GRÁFICO 10 DESPLAZAMIENTO VS TIEMPO.....	85
GRÁFICO 11 ANÁLISIS DE VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO VS TIEMPO	86
GRÁFICO 12 ANÁLISIS DE RESULTADOS DESPLAZAMIENTO VS TIEMPO	87

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 TOPOGRAFÍA Y ECOSISTEMAS.....	20
FIGURA 2 PRISMA GPR112 LEICA.....	42
FIGURA 3 COMPONENTES DEL ESTACIÓN TOTAL LEICA TS15A	43
FIGURA 4 INSTALACIÓN DE PRISMA.....	45
FIGURA 5 PILAR.....	50
FIGURA 6 ESTACION DE MONITOREO.....	51
FIGURA 7 PROGRAMA DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.....	78
FIGURA 8 PROGRAMA CONSOLIDADO.....	82

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	18
PLANO 2 GEOLOGÍA REGIONAL.....	31
PLANO 3 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA – GEOLOGÍA REGIONAL.....	32
PLANO 4 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA – GEOLOGÍA LOCAL.....	37
PLANO 5 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL CHICAMA – YANACOCCHA.....	40
PLANO 6 UBICACIÓN DE PRISMAS TAJO TANTAHUATAY 2.....	46
PLANO 7 UBICACIÓN DE PRISMAS PAD DE LIXIVIACIÓN.....	47
PLANO 8 UBICACIÓN DE PRISMAS TAJO CIENAGA.....	48
PLANO 9 UBICACIÓN DE PRISMAS DME - CIENAGA.....	49

INTRODUCCIÓN

En el método de explotación a tajo abierto, son requisitos indispensables el control de taludes en sus diferentes componentes (tajos, depósito de material estéril y PAD de lixiviación), en la empresa minera Coimolache el método de explotación empleado es a cielo abierto, el que cuenta con dos tajos que son: Tajo Tantahuatay y Tajo Cienaga, cada uno con un depósito de material estéril y solamente con un PAD de lixiviación.

El control de taludes en el PAD de lixiviación, en los depósitos de material estéril y tajos es de vital importancia para evitar deslizamientos que causarían daños en el proceso de minado y retraso en la planificación o en el plan general de minado, así mismo, estos deslizamientos puedan causar accidentes a la persona y equipos, por lo que se ha instalado prismas estacionarios en lugares estratégicos para su monitoreo relacionado al movimiento, su velocidad, su grado de aceleración y su orientación respectiva. Como el monitoreo realizado en la empresa Coimolache, ha sido llevado a cabo con libros Excel independientes por prisma, ocasionando demoras en el proceso de análisis e interpretación, se vio por conveniente la elaboración del presente programa para obtener resultados inmediatos y precisos en el control de taludes mediante la automatización.

Por lo que la tesis contiene en el primer capítulo aspectos de la investigación, donde la parte importante es la automatización con el cual soluciona el planteamiento del problema, en el segundo capítulo trata de los

aspectos generales respecto a la minera Coimolache donde se detalla en el plano estructural la secuencia de mineralización, el capítulo tres se elabora el programa de control de taludes planteado donde se describe todo el proceso, análisis e interpretación de datos.

Kael Isidro CABEZAS NIEVES.
Autor

CAPÍTULO 1. ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1 DATOS GENERALES

1.1.1 TITULO DEL PROYECTO

“AUTOMATIZACIÓN EN MONITOREO DE TALUDES EN LA COMPAÑÍA MINERA COIMOLACHE S.A. CAJAMARCA”

1.1.2 NOMBRE DEL GRADUANDO

Kael Isidro CABEZAS NIEVES

1.1.3 LUGAR DONDE SE VA DESARROLLAR LA TESIS

Distrito de Chugur-Hualgayoc, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca

1.1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Compañía Minera Coimolache S.A. es una empresa afiliada y gerenciada por Buenaventura que produce oro a tajo abierto, cuenta en la actualidad con dos tajos (tajo Tantahuatay y tajo Cienaga), donde el mineral procedente de ambos tajos conjuntamente con el mineral comprado de Gold Fields es depositado en el PAD de lixiviación, y en lo concerniente al material estéril, es depositado, en caso del tajo Tantahuatay, en el Deposito de Mineral Estéril 3 (DME 3) y el material estéril proveniente del tajo Cienaga, se deposita en Deposito de Material Estéril Cienaga (DME Cienaga). En tal sentido la unidad cuenta con: 2 Tajos, 2 Depósitos de

material estéril y 1 PAD de lixiviación, los cuales requiere un riguroso control de estabilidad, contando para ello con prismas reflectores estacionarios ubicados estratégicamente cada 25 m.

En promedio, la producción diaria de mineral es de 54,428 TMS y de material estéril, 44,426 TMS , haciendo un total de producción diaria de 98,853 TMS, onzas diarias en promedio es de 1,095 onzas.

La distancia promedio del tajo Tantahuatay al PAD de lixiviación es de 2.71 km y del tajo Tantahuatay al DME 3, 2.26 km. De igual modo del Tajo Cienaga al PAD de lixiviación es de 7.24 km y del tajo Cienaga al DME Cienaga es de 2.68 km.

El control de taludes está a cargo del área de Geotecnia, como parte fundamental del planeamiento de minado, motivo por el cual hasta entonces el control de taludes se estuvo realizando en un libro Excel por cada prisma, donde se procesaba datos sin considerar los factores erráticos (DATA CRUDA), generando gráficos erróneos los cuales eran corregidos en forma manual, así mismo el relleno de estos datos y su procesamiento, se realizaba en un tiempo aproximado de 2 horas; como el tiempo descrito era tedioso, se ha considerado elaborar un programa en Excel habilitado para macros, en el cual se consolida los diferentes libros Excel en uno solo, almacenando datos de varios prismas, pertenecientes ya sea a los tajos, a los depósitos de material estéril o al

PAD de lixiviación para su mejor análisis y determinación, también la data cruda se procesó condicionalmente a los factores erráticos, así mediante el uso de códigos se logra determinar un mejor análisis con la nueva data procesada, reduciendo significativamente el tiempo por el proceso de automatización aplicado al monitoreo.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el método de explotación superficial, el monitoreo de taludes es de gran prioridad, por lo que se realiza acorde a la disponibilidad tecnológica, en este sentido, la empresa Coimolache, el monitoreo es realizado mediante prismas estacionarios, sin embargo, la empresa ¿Cuenta con un programa que automatiza el monitoreo de taludes con su respectiva interpretación y análisis?

1.2.1 IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

La empresa Coimolache, hasta el momento realiza el monitoreo de talud de banco (tajo, depósito de material estéril y PAD de lixiviación), estos son realizados individualmente por cada prisma y cada uno en un libro Excel, motivo por el cual el tiempo del análisis y procesamiento de los datos obtenidos en campo eran muy trabajoso como se muestra en la siguiente tabla.

CUADRO COMPARATIVO DE TIEMPOS							
PROCESO MANUAL (minutos)				PROCESO CON PROGRAMA (minutos)			
DÍAS (MES DE JUNIO)	Descarga de datos de la Estacion Total	Transferencia de datos y actualizacion de graficas	Analisis e Interpretacion	DÍAS (MES DE JULIO)	Descarga de datos de la Estacion Total	Transferencia de datos y actualizacion de graficas	Analisis e Interpretacion
DOMINGO 24	5	45	170	MIÉRCOLES 11	5	3	1
LUNES 25	5	53	200	JUEVES 12	5	2	1
MARTES 26	5	61	185	VIERNES 13	5	3	1
MIÉRCOLES 27	5	49	182	SÁBADO 14	5	5	1
JUEVES 28	5	60	190	DOMINGO 15	5	2	1
VIERNES 29	5	55	188	LUNES 16	5	1	1
SÁBADO 30	5	44	168	MARTES 17	5	3	1
PROMEDIO (min)	5.00	52.43	183.29	PROMEDIO (min)	5	2.71	1.00
PROCESO TOTAL	240.71			PROCESO TOTAL	8.71		

Tabla 1 CUADRO COMPARATIVO DE TIEMPO DE PROCESAMIENTO DE DATOS

1.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Existe automatización en el control de taludes en la empresa Coimolache - Cajamarca 2018?

1.2.2.2 PROBLEMA ESPECIFICO

- A. ¿Se realiza el Análisis e Interpretación con respecto al desplazamiento, velocidad y vector resultante?
- B. ¿Existe un método de procesamiento de datos crudos?
- C. ¿Existen datos consolidados de los componentes para una interpretación analítica?

1.2.3 OBJETIVOS

1.2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el programa KIC-01 para la automatización en el monitoreo de taludes con su respectivo análisis e interpretación.

1.2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- A. Desarrollar el programa KIC-01 para la automatización en el monitoreo de taludes con respecto al desplazamiento, velocidad y vector resultante
- B. Recopilar datos crudos y su respectivo proceso mediante un programa.
- C. Consolidar datos procesados de prismas en un libro habilitado para macros para su interpretación.

1.2.4 IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

La Tesis es importante porque hasta ese entonces el control de los taludes mediante estación total - prismas han sido realizados con datos crudos, y es importante porque se propone una solución de proceso y análisis de datos procesados mediante el programa propuesto.

Teniendo un alcance para técnicos en la especialidad, profesionales a cargo del reporte y el control de taludes.

1.3 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

1.3.1 MARCO TEÓRICO

Para la elaboración y desarrollo de la tesis, es necesario contar con los conocimientos de: Ciencias básicas con exclusividad el curso de geometría analítica, estadística para ingenieros, topografía, geología, física, explotación superficial, tomando en cuenta aspectos generales tales como: Filosofía de la Naturaleza, Desarrollo Sostenible de las entidades o empresas, enmarcado dentro de la mejora continua en la explotación de minas, así como tener conocimientos sólidos en Excel avanzado y programación.

Los modelos de desarrollo de programas son una representación abstracta de una manera en particular. Realmente no representa cómo se debe desarrollar el programa, sino de un enfoque común. Puede ser modificado y adaptado de acuerdo a las necesidades del programa en proceso de desarrollo. Hay varios modelos para perfilar el proceso de desarrollo, cada uno de las cuales cuenta con pros y contras. En la presente tesis escoge el más apropiado para sus necesidades. Existen tres paradigmas de los modelos de desarrollo de programas:

- A. Paradigma Tradicional
- B. Paradigma Orientado a Objetos
- C. Paradigma de Desarrollo Ágil

Para el desarrollo del presente programa se a considerado el paradigma del desarrollo ágil, que consiste en un enfoque para la toma de decisiones en los proyectos de programas, donde los requisitos y soluciones evolucionan con el tiempo según la necesidad, en este caso del monitoreo del control de taludes. Así el trabajo es realizado mediante la colaboración de equipos auto-organizados y multidisciplinarios, inmersos en un proceso compartido de toma de decisiones a corto plazo.

El desarrollo del programa incluye: planificación, análisis de requisitos, diseño, codificación, pruebas y documentación. Teniendo gran importancia el concepto de "Finalizado", ya que el objetivo de cada iteración no es agregar toda la funcionalidad para justificar el lanzamiento del producto al mercado, sino incrementar el valor por medio de "Programa que funciona" (sin errores).

1.3.1.1 ANTECEDENTE DEL ESTUDIO

No existen antecedentes automatizados para el control de taludes de la mina Coimolache, motivo por el cual se ha desarrollado una automatización para el monitoreo de taludes mediante estación total - prismas.

1.3.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- a. Método de explotación superficial: La minería superficial a cielo abierto o minas a tajo abierto son aquellas cuyo proceso extractivo

se realiza en la superficie del terreno usando generalmente maquinarias de gran tonelaje.

- b. Talud: El término refiere a la pendiente que registra el paramento de una pared o de una superficie. La idea de paramento, por su parte, se vincula a las caras de un muro.
- c. Estación total: Se denomina estación total a un aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico.
- d. Prismas: Es un objeto circular formado por una serie de cristales que tienen la función de reflejar la señal EMD emitida por una estación total o teodolito. La distancia del aparato al prisma es calculada en base al tiempo que tarda en ir y regresar al emisor
- e. Vector resultante: Se define por su dirección, su punto de aplicación, su cuantía y su sentido.
- f. Azimut: El azimut de una línea es el ángulo horizontal medido en el sentido de las manecillas del reloj a partir de un meridiano de referencia. Lo más usual es medir el azimut desde el Norte (sea verdadero, magnético o arbitrario)
- g. PAD de lixiviación: Las pilas (o acumulaciones de material mineralizado) son regadas con una solución ácida, la cual es distribuida por cañerías de drenaje de forma homogénea. La pila

debe estar levemente inclinada para permitir el escurrimiento del coloide.

- h. Depósito de material estéril (DME): El material estéril en el planeamiento, diseño, operación, conformación, mantenimiento, monitoreo y cierre del mismo para asegurar la estabilidad física, geoquímica, hidrológica y biológica del depósito de almacenamiento.
- i. Datos estadísticos: Los datos estadísticos, en este marco, son los valores que se obtienen al llevar a cabo un estudio. Se trata del producto de la observación de aquel fenómeno que se pretende analizar.
- j. Medidas de tendencia central: Las medidas de tendencia central son medidas estadísticas que pretenden resumir en un solo valor a un conjunto de valores. Representan un centro en torno al cual se encuentra ubicado el conjunto de los datos. Las medidas de tendencia central más utilizadas son: media, mediana y moda. Las medidas de dispersión en cambio miden el grado de dispersión de los valores de la variable. Dicho en otros términos las medidas de dispersión pretenden evaluar en qué medida los datos difieren entre sí. De esta forma, ambos tipos de medidas usadas en conjunto permiten describir un conjunto de datos entregando información acerca de su posición y su dispersión.

- k. Trigger: Un Trigger en una base de datos es un procedimiento que se ejecuta cuando se cumple una determinada condición al realizar una operación.
- l. VBA (Visual Basic para aplicaciones): Es el lenguaje de macros de Microsoft Visual Basic que se utiliza para programar aplicaciones Windows y que se incluye en varias aplicaciones Microsoft. VBA permite a usuarios y programadores ampliar la funcionalidad de programas de la suite Microsoft Office.
- m. Módulo de VBA: Un módulo es dónde se escribe el código en VBA. Un proyecto de VBA es un conjunto de módulos (o uno sólo) dónde se escriben las diferentes macros y funciones de VBA.
- n. Bucle: En términos de programación, un bucle es una instrucción que nos permitirá ejecutar repetidamente un conjunto de instrucciones hasta que se cumpla la condición que hayamos especificado. Los bucles también son conocidos como ciclos.
- o. Velocidad: La velocidad del movimiento de la pared acercándose o alejándose de la estación total, definida como la distancia en la cual se mueve la pared en un tiempo especificado.

1.3.3 HIPÓTESIS

1.3.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

El programa KIC-01 automatiza el monitoreo de taludes con su respectivo análisis e interpretación.

1.3.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- A. El programa KIC-01 automatiza el monitoreo de taludes con respecto al desplazamiento, velocidad y vector resultante
- B. Mediante la elaboración de un programa se soluciona la recopilación de datos crudos y su respectivo proceso
- C. Mediante la habilitación de macros se soluciona la consolidación de datos procesados de prismas para su interpretación.

1.3.4 VARIABLES

1.3.4.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

- A. Programa KIC-01 de automatización.
- B. Método de explotación superficial.
- C. Génesis de la mineralización.

1.3.4.2 VARIABLES DEPENDIENTES

- A. Monitoreo de taludes.
- B. Datos crudos.
- C. Datos procesados

1.3.4.3 VARIABLES INTERVINIENTES

- A. Topografía.
- B. Comportamiento social del entorno.
- C. Medios de comunicación.

D. Entorno de la Empresa

1.3.4.4 VARIABLES AMBIENTALES

A. Clima.

B. Estaciones.

1.3.4.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES		
OBJETIVOS GENERALES: Desarrollar el programa KIC-01 para la automatización en el monitoreo de taludes con su respectivo análisis e interpretación.		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLES	INDICADORES
Desarrollar el programa KIC-01 para la automatización en el	VI. Programa KIC-01 de automatización VD. Monitoreo de taudes	Desplazamiento Velocidad Vector resultante
Recopilar dato crudos y su respectivo proceso mediante un programa.		
Consolidar datos procesados de prismas en un libro habilitado para macros para su interpretación.		

Tabla 2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología a emplear en el presente trabajo de investigación, será:

1.4.1.1 MÉTODO INDUCTIVO

Determinado por la observación, la abstracción, comparación, experimentación y la generalización.

1.4.1.2 MÉTODO DEDUCTIVO

Caracterizado por la aplicación, comprobación y demostración de los hechos investigativos.

1.4.1.3 MÉTODO ANALÍTICO

Realizando el análisis en prioridad, la clasificación y las divisiones posibles.

1.4.1.4 MÉTODO SINTÉTICO

Mediante el cual realizaremos las definiciones, los diagramas, el esquema principal, el resumen, la sinopsis y la recapitulación si hubiera.

1.4.1.5 MÉTODO EXPERIMENTAL

Con el empleo metodológico analítico, cualitativo y cuantitativo.

1.4.2 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación a realizar es de tipo Experimental, método analítico y con un diseño de la investigación Pre Experimental; este diseño no cumple con los requisitos de un experimento “puro”. No hay manipulación de la variable independiente o grupos de contraste. Tampoco hay referencia previa de cuál era el nivel que tenía el grupo en la o las variables dependientes antes del estímulo. No es posible establecer causalidad con certeza ni se controlan las fuentes de invalidación interna. Con un nivel de aplicación a profesionales especializados en automatización.

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
AUTOMATIZACIÓN EN MONITOREO DE TALUDES EN LA COMPAÑÍA MINERA COIMOLACHE S.A. CAJAMARCA					
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
GENERAL:	GENERAL:	GENERAL:			
¿Existe automatización en el control de taludes en la empresa Coimolache - Cajamarca 2018?	Desarrollar el programa KIC-01 para la automatización en el monitoreo de taludes con su respectivo análisis e interpretación.	El programa KIC-01 automatiza el monitoreo de taludes con su respectivo análisis e interpretación.	VI. Programa KIC-01 de automatización VD. Monitoreo de taludes	Desplazamiento Velocidad Vector resultante	Tipo de Investigación : Experimental Metodo : Analítico Diseño de la investigación: Pre Experimental (por que el grado de control es mínimo)
ESPECÍFICO:	ESPECÍFICO:	ESPECÍFICO:			
¿Se realiza el Análisis e Interpretación con respecto al desplazamiento, velocidad y vector resultante?	Desarrollar el programa KIC-01 para la automatización en el monitoreo de taludes con respecto al desplazamiento, velocidad y vector resultante	El programa KIC-01 automatiza el monitoreo de taludes con respecto al desplazamiento, velocidad y vector resultante			Según Sampieri H. : G X O
¿Existe un método de procesamiento de datos crudos?	Recopilar datos crudos y su respectivo proceso mediante un programa.	Mediante la elaboración de un programa se soluciona la recopilación de datos crudos y su respectivo proceso			G :grupo; X :programa KIC-01; O :Grupo despues de aplicado el programa
¿Existen datos consolidados de los componentes para una interpretación analítica?	Consolidar datos procesados de prismas en un libro habilitado para macros para su interpretación.	Mediante la habilitación de macros se soluciona la consolidación de datos procesados de prismas para su interpretación.			Este diseño no cumple con los requisitos de un experimento "puro". No hay manipulación de la variable independiente o grupos de contraste. Tampoco hay referencia previa de cuál era el nivel que tenía el grupo en la o las variables dependientes antes del estímulo. No es posible establecer causalidad con certeza ni se controlan las fuentes de invalidación interna.

Tabla 3 MATRIZ DE CONSISTENCIA

1.4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.

1.4.3.1 POBLACIÓN OBJETIVA

La población estuvo constituida por todos los datos obtenidos en los dos tajos y tres componentes desde setiembre del 2016 a julio del 2018 de la empresa Coimolache.

La muestra: no se contará con muestra porque se trabajará con el 100 por ciento de la población.

1.4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.4.4.1 PRIMERA ETAPA TRABAJOS EN CAMPO

La técnica de recolección de datos, es mediante estación total y prismas estacionarias ubicados estratégicamente en los diferentes componentes, para luego ser almacenados en tablas Excel, asimismo estas tablas ser procesadas en forma manual.

1.4.4.2 SEGUNDA ETAPA TRABAJOS EN GABINETE

Los datos obtenidos en las hojas Excel procesadas manualmente requieren de un tiempo mayor y trabajo tedioso, motivo por el cual, el planteamiento de la presente tesis.

1.4.4.3 TERCERA ETAPA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA

Como en los resultados del control manual, una de las deficiencias era la no consideración de los factores erráticos; los análisis

matemáticos mediante gráficos eran demasiado tedioso, asimismo no se obtenía una resultante general, se ha elaborado el presente programa.

1.4.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El procesamiento de datos se realiza mediante un programa inicial habilitado para macros, finalizando con el programa general propuesto para los análisis de los datos obtenidos de estación total - prismas con técnicas estadísticas, las medidas de tendencia central y otros que fueran necesarios.

1.4.6 INDICADORES

Los indicadores esenciales del trabajo de investigación son:

- A. Desplazamiento
- B. Velocidad de movimiento del talud.
- C. Aceleración de movimiento del talud.
- D. Vector resultante.
- E. Azimut.

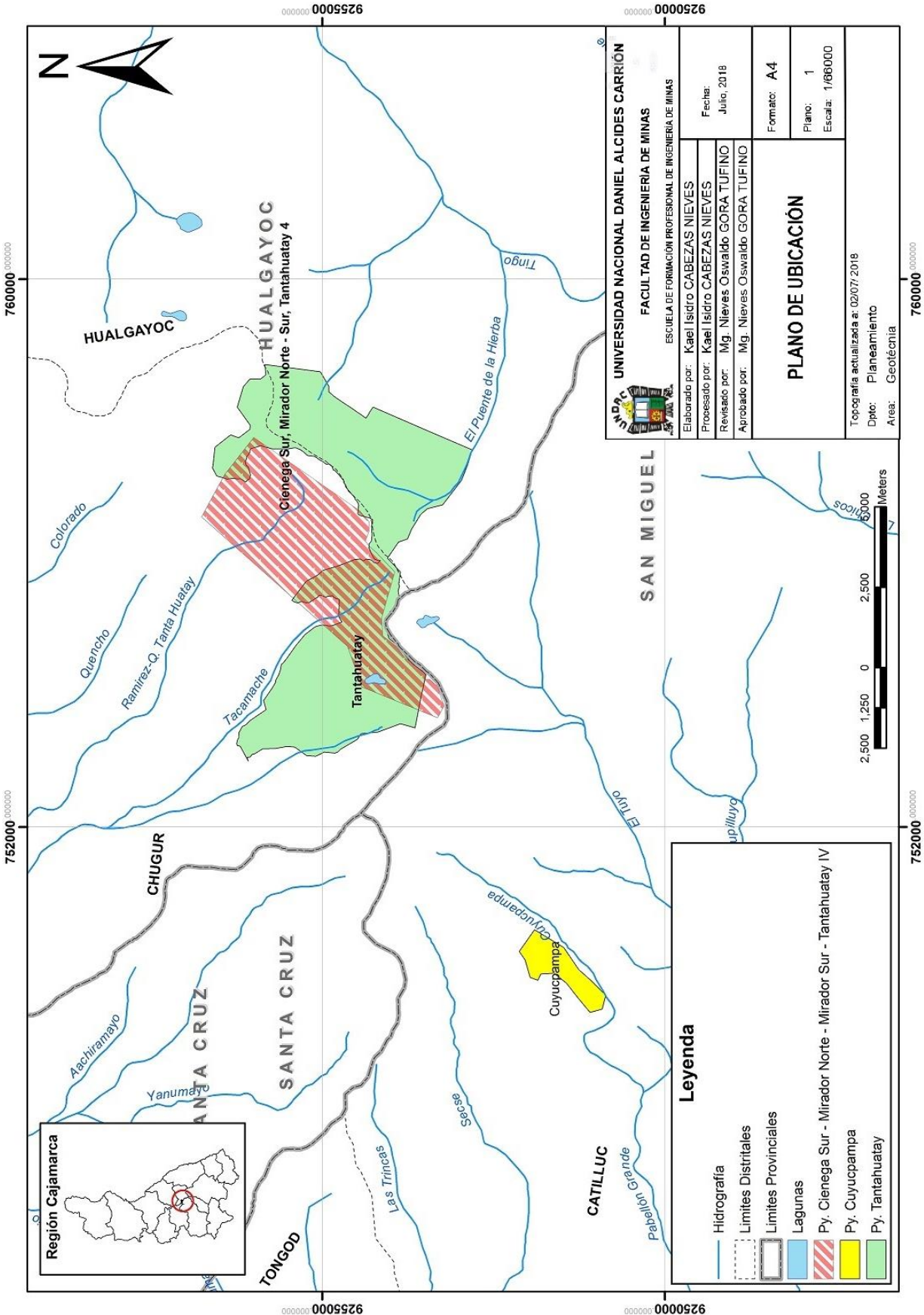
CAPÍTULO 2. ASPECTOS GENERALES.

2.1 GENERALIDADES

2.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La Unidad Minera Tantahuatay se encuentra ubicada en el departamento de Cajamarca, provincia de Hualgayoc, distritos de Chugur y Hualgayoc a una altitud que varía entre los 3,600 y 4,050 m.s.n.m. El área del proyecto es de 2,169.00 Hectáreas.

El Proyecto se encuentra ubicado cerca de la división continental (divortium acuarium entre las cuencas del Pacífico y Atlántico). Las instalaciones para el pad de lixiviación y el botadero se encuentran ubicadas en la Quebrada Puente de la Hierba y la Quebrada Tres Amigos, respectivamente. Estas quebradas forman “la naciente del Rio Tingo que fluye hacia la cuenca del Atlántico. Sin embargo, el tajo abierto, Tantahuatay 2, está ubicado en la división continental que separa las nacientes de la Quebrada Tres Amigos y el Rio Colorado, que fluye hacia la cuenca del Pacífico”. Altitudinalmente, el cerro Tantahuatay se ubica sobre los 4 000 m.s.n.m., mientras que el área donde se emplaza la planta industrial se ubica sobre los 3 950 msnm en las nacientes del río Tingo, en el flanco sur del cerro Tantahuatay.



Leyenda

	Hidrografía
	Limites Distritales
	Limites Provinciales
	Lagunas
	Py. Cienega Sur - Mirador Norte - Mirador Sur - Tantahuatay IV
	Py. Cuyucpampa
	Py. Tantahuatay

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS</p>		Elaborado por: Kael Isidro CABEZAS NIEVES	Fecha: Julio, 2018
		Procesado por: Kael Isidro CABEZAS NIEVES	
		Revisado por: Mg. Nieves Oswaldo GORA TUFINO	
		Aprobado por: Mg. Nieves Oswaldo GORA TUFINO	
<p>PLANO DE UBICACIÓN</p>		Formato: A4	
		Plano: 1	
		Escala: 1/66000	
Topografía actualizada a: 02/07/2018 Dpto: Plaineamiento Área: Geotécnica			



752000 000000 760000 000000 760000 000000 760000 000000

9255000 000000 9255000 000000 9255000 000000 9255000 000000

2.1.2 ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona del proyecto desde la ciudad de Lima, se realiza por vía aérea o terrestre, hasta la ciudad de Cajamarca y desde allí a través de una carretera afirmada que conduce a la ciudad de Hualgayoc, la cual conduce hasta la zona de la concesión minera.

De	Hasta	Tipo de vía	Distancia (m)	Tiempo (Hrs)
Lima	Cajamarca	vía aérea	845 km	1.5
Cajamarca	Hualgayoc	vía asfaltada	162 km	2.5
Hualgayoc	Unidad Minera	trocha	6 km	0.2

Tabla 4 ACCESIBILIDAD

2.1.3 TOPOGRAFÍA Y ECOSISTEMAS

La Unidad Minera Coimolache presenta una topografía accidentada en donde se ubica el Tajo Tantahuatay 2, y estable en sus partes bajas donde se ubican la infraestructura, en la parte intermedia de ambas geoformas se presentan algunas colinas o cerros de poca elevación, lagunas glaciares colgadas y circos glaciares.

En la zona, el tipo de relieve se caracteriza por presentar cadenas montañosas, en oposición a las cadenas montañosas, ocurren valles de origen glacial en forma de “U” abierta, los cuales se encuentran cubiertos de depósitos cuaternarios.

Los componentes se ubican en el flanco oriental de la divisoria continental, próxima a la línea de cumbres, y está constituida por cuatro unidades principales (Montañoso, Colinas, Laderas y Valles glaciares – aluviales).

En la zona de estudio existe un ecosistema eminentemente de hábito herbáceo debido a que se encuentra sobre el límite superior de distribución de los matorrales (alrededor de los 3 800 m de altitud). Sin embargo, la presencia de cerros y laderas rocosas permite la presencia de varias especies de arbustos, aunque en un porcentaje menor al 5%. La formación vegetal donde el hábito arbustivo alcanzó su mayor nivel, fue la vegetación saxícola.



FIGURA 1 TOPOGRAFÍA Y ECOSISTEMAS

2.1.4 CLIMATOLOGÍA

Se obtuvo información de dos estaciones meteorológicas, Hualgayoc y Carolina. En la estación Hualgayoc las temperaturas promedio anuales fluctúan entre 7,2°C y 8,4°C. La temperatura mínima promedio (2,9°C) se registró en el mes de julio y la máxima promedio (12,3°C) en el mes de noviembre. En la estación Carolina, la temperatura media anual registrada es de 8,4°C, muy próxima a la media anual de Hualgayoc considerado de 8,0°C para ese mismo periodo.

La zona se caracteriza por tener vientos de velocidades medias y bajas con un promedio a lo largo del año de 4,08 m/s. La distribución de las velocidades a lo largo del día señala que las velocidades más altas de viento son alcanzadas entre las 11:00 y las 15:00 horas. Las direcciones predominantes corresponden al este (E) y este-noreste (ENE).

2.1.5 HIDROGRAFÍA

Sus cursos de agua superficial son pequeños pertenecientes de la subcuenca del río Tacamache, que nace de los manantiales de su nombre al pie del cerro Tantahuatay y corre del Sur – Este a Norte – Oeste al recibir las aguas del río Perlamayo en el lugar denominado Tingo, tomando el nombre de San Juan Pampa ingresa a la provincia de Santa Cruz.

2.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS

2.2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La cordillera de los Andes es la consecuencia topográfica de un entorno de contacto de placas tectónicas. En el Perú hay un límite convergente, un margen activo del tipo continental, donde la placa de Nazca se introduce en una zona de subducción bajo la placa Sudamericana. La subducción lleva a las rocas y sedimentos a profundidades de la corteza terrestre donde la temperatura y presión producen la fundición de la roca. El magma origina rocas plutónicas y volcánicas de composición intermedia a ácida (por ejemplo, granitos, andesitas, riolitas). Este material fundido tiene una baja densidad si se compara con las rocas circundantes y por lo tanto tiende a ascender, empezando un proceso de intrusión, a fin de conseguir un balance físicoquímico. El producto geomorfológico de este proceso es un arco volcánico. Durante la fase del ascenso del magma, este es enfriado y se liberan fluidos, reaccionando y lavando las rocas circundantes. El enfriamiento y la interacción de estos fluidos con las rocas cercanas a la superficie (1-2 km de profundidad) es el proceso de formación de los depósitos de oro en Mirador Norte y Tantahuatay (Pérez, J., 2008, p. 34).

“La estratigrafía regional está conformada por el substrato del Arco Volcánico Cenozoico constituido por unidades estratigráficas cretácicas de origen marino y continental que corresponden al relleno de la cuenca

mesozoica Cajamarca. Las secuencias sedimentarias están constituidas por los sedimentos marinos pelíticos carbonatados del Cretácico medio a superior representada por las formaciones Inca, Chúlec, Pariatambo, Pulluicana, y Chota. La posterior actividad del arco volcánico cenozoico ha originado que se depositen en discordancia angular sobre el substrato cretácico las secuencias volcánicas continentales del Grupo Calipuy diferenciada localmente como formación Llama. Sobre el Calipuy yace en discordancia la secuencia piroclástica el Volcánico Huambos (J. Rosas y J. Calizaya)” (Buenaventura Ingenieros S.A. (BISA), 2006, p. 29). Finalmente, cubriendo en discordancia a estas secuencias, se presentan depósitos recientes constituidos por materiales morrénicos, fluvio-glacial, aluviales y coluviales.

En base al mapa de la geología regional, la columna regional estratigráfica del área del proyecto está conformada por formaciones sedimentarias del Cretáceo-Terciario, volcánicas del Terciario y sedimentos del Cuaternario.

2.2.1.1 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

2.2.1.1.1 Mesozoico

- **Formación Inca (Km-i)**

Esta formación presenta +/- 50 metros de espesor y consiste de niveles delgados y laminares de areniscas, lutitas

ferruginosas de color pardo oscuro y en la base esporádicos niveles de calizas arenosas. Regionalmente, los fósiles reconocidos de esta formación corresponden a amonites (Parahoplites) que pertenecen al Albiano Inferior (Roncal, L., 2013, p. 28). Las características físicas de los sedimentos indican depositación en un mar poco profundo (INGEMMET Bol.38, 1984, p. 45).

- **Formación Chúlec (Km-ch)**

Esta formación presenta pequeños afloramientos en la zona norte y sur; y consiste de +/- 300 metros de calizas nodulares y margas de color marrón crema intercalados con niveles delgados de lutitas calcáreas. Los sedimentos de esta formación son altamente blandos y forman topografía de pendiente suave (Roncal, L., 2013, p. 29).

La formación Chúlec presenta abundante contenido de fósiles (Knemiceras, Parengoceras) y el ambiente de sedimentación representa una segunda etapa de la transgresión marina del Albiano (INGEMMET Bol.38, 1984, p. 46).

- **Formación Pariatambo (Km-pa)**

La formación Pariatambo aflora principalmente al lado este del cerro Tantahuatay. Está formada por unos 150 a 250 metros de calizas bituminosas gris oscuras con niveles de lutitas, densas y macizas, ricamente fosilíferas, en concreciones discoidales de ammonites; también gasterópodos y pelecípodos. Tipifica a esta formación las escamas de pescados y el olor fétido y bituminoso (Knight Piésold Consultores, 2007, p. 14).

- **Grupo Pullucana (Km-p)**

Esta formación yace sobre la Formación Pariatambo y aflora hacia el lado norte y sur del área regional. Litológicamente, está compuesta por +/- 800 metros de de calizas cristalinas, calizas nodulares, margas y escasos niveles de lutitas y margas nodulares, de estratificación ondulada y con colores grises claros a parduscos y grises oscuros, con fósiles como exogyras e inoceramus. Superficialmente, su color es gris claro blanquecino por efecto de la meteorización química. (Knight Piésold Consultores, 2007, p. 14).

- **Formación Cajamarca (Km-c)**

La formación Cajamarca se caracteriza por presentar una estratificación regular y uniforme que consiste de una caliza

pura y fina, color marrón claro que intemperiza a tonos blanquecinos o gris claros. La caliza está bien estratificada en capas delgadas a medianas. La unidad es bastante fosilífera con una buena fauna de amonites, gasterópodos y foraminíferos (INGEMMET Bol.38, 1984, p. 53).

2.2.1.1.2 Cenozoico

- **Grupo Calipuy**

El grupo Calipuy está subdividida en los Volcánico Llama y Porculla. El Volcánico Llama es la unidad inferior que consiste mayormente en andesitas con algunas intercalaciones dacíticas. La unidad del Volcánico Porculla es el superior y cubre discordantemente al Volcánico Llama, está compuesto por dacitas y andesitas (INGEMMET Bol.38, 1984, p. 57).

El mapa de la geología regional sólo muestra la presencia de la unidad del Volcánico Llama, la cual será descrita a continuación:

Volcánico Llama (Ti -vii)

Sobreyaciendo, en discordancia erosiva a las rocas calcáreas del cretáceo, se tiene una amplia distribución de

rocas volcánicas terciarias del volcánico Llama, el cual está evidenciado por una secuencia de domos sub aéreos y tobas piroclásticas que afloran entre los cerros Tantahuatay y alrededores.

Esta unidad, está constituida por capas andesíticas porfiríticas y hornbléndicas, andesitas basálticas afaníticas; lavas andesíticas; tufos andesíticos y riódacíticos; domos riódacíticos y andesíticos de edad miocénico medio a miocénico superior, que han sido afectados por stocks dioríticos y monzo-dioríticos del Terciario Medio al Terciario Superior (Knight Piésold Consultores, 2007, p. 15).

- **Volcánico Huambos (Ts – vh)**

Esta unidad se encuentra sobreyaciendo en discordancia angular a los volcánicos del Grupo Calipuy y comprende tobas aglomerádicas e ignimbríticas piroclásticas, riolíticas y riódacíticas; en la mayoría de los casos, los piroclastos del Huambos están bien estratificados en capas medianas y gruesas, parcialmente compactadas con escaso nivel de tobas soldadas o ignimbríticas constituidas en general por tufos y por aglomerados de variados colores con predominio

del blanco amarillento (Knight Piésold Consultores, 2007, p. 15).

- **Depósitos Cuaternarios Recientes (Qr)**

Los depósitos recientes están conformados por materiales fluvioglaciares, lagunares, aluviales, fluvial aluviales y escasos depósitos eólicos, producto de la erosión de los depósitos sedimentarios, ígneos y volcánicos del área. Están constituidos por fragmentos subangulares a subredondeados de poco transporte en matriz arcillo - arenosa.

En el área de interés los depósitos fluvial aluviales se hallan expuestos a lo largo de cauces de ríos y tributarios, en los últimos en menor proporción.

También en las desembocaduras de quebradas, algunas terrazas y en áreas planas; los depósitos fluvioglaciares están representados por morrenas glaciares antiguas en forma de terrazas erosionadas compuestas por material de composición heterogénea, de mala clasificación, cantos subangulosos, de permeabilidad variable (Knight Piésold Consultores, 2007, p. 17).

2.2.1.1.3 Intrusivos (Intr)

Estas intrusivos forman parte de la faja intrusiva de la Cordillera Occidental de esta región, la cual es importante fuente de la mineralización del área. En muchos casos estas son intrusivas subvolcánicas y están relacionadas a los otros yacimientos volcánicos del terciario encontrados.

Además, cortando al basamento sedimentario se tienen stocks y cuerpos intrusivos de composición intermedia como la granodiorita San Miguel, además de otros cuerpos intrusivos menores como el intrusivo de cerro Las Gordas (Vector Perú, 2008, p. 17).

Cuerpos intrusivos de composición intermedia (granodiorita) e intrusivos menores de composición diorítica.

- **Intrusivo San Miguel**

El intrusivo San Miguel aflora al noreste del cerro el Tingo. Su geometría es del tipo stock y se encuentra en contacto con rocas carbonatadas de la formación Pariatambo. “La roca del intrusivo San Miguel ha sido clasificada como una granodiorita de textura porfirítica. Su contenido mineralógico

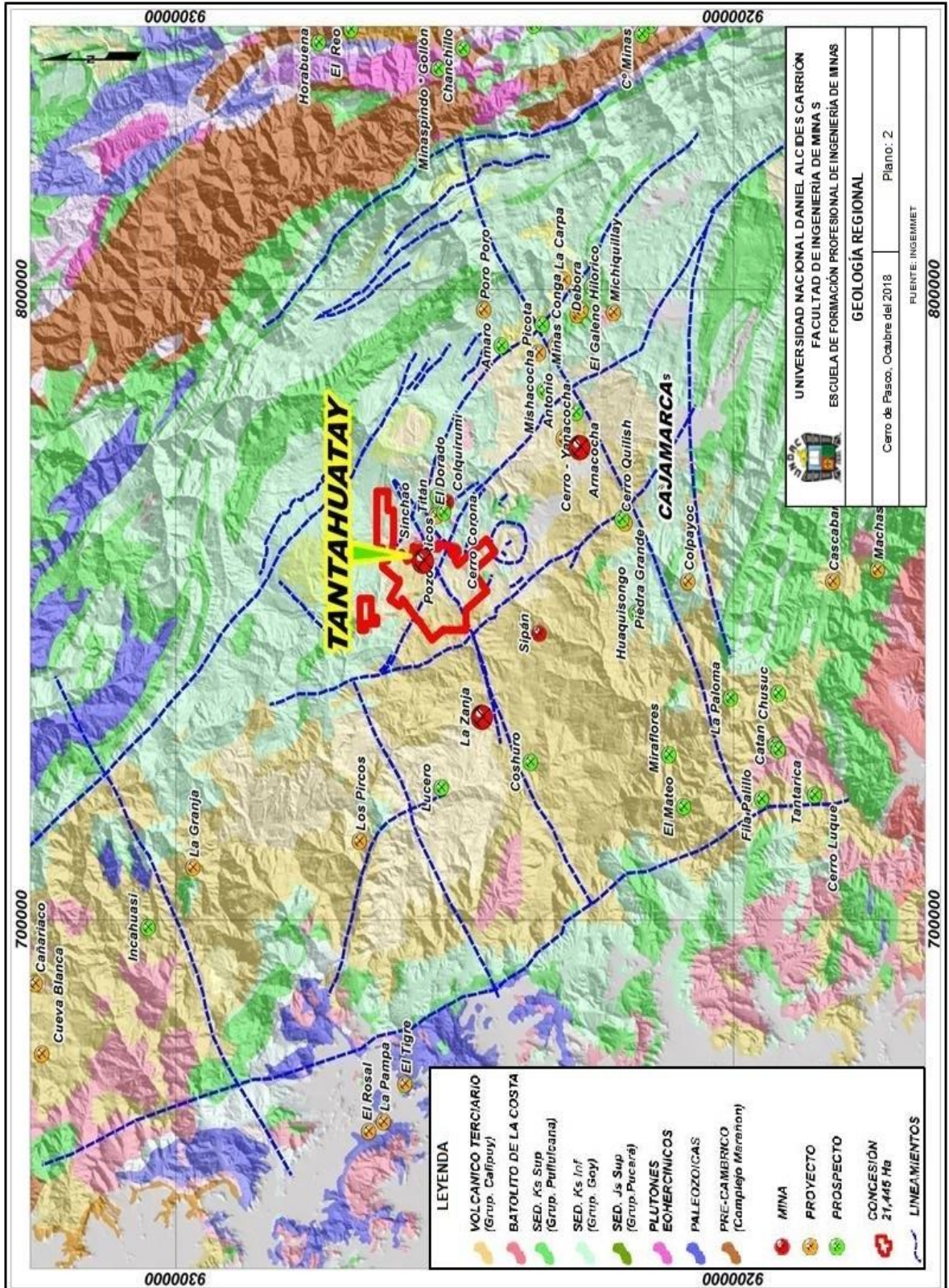
consiste principalmente en fenocristales de plagioclasas, con minerales accesorios cuarzo, hornblenda, clinopiroxenos y zircón (Mac Farlane, 1991)” (Roncal, L., 2013, p. 35).



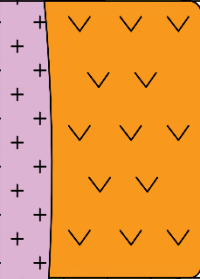

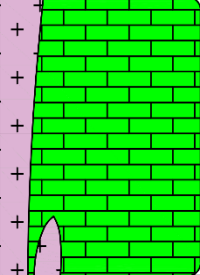
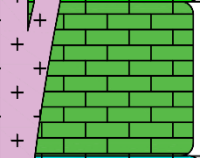
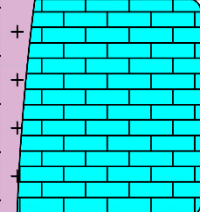
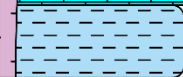
- **Intrusivo Cerro Las Gordas**

El intrusivo de cerro Las Gordas está localizado a 2 kilómetros al suroeste de Mirador Norte y presenta una estructura en forma de stock de 600m. de longitud. Está emplazado en las secuencias de sedimentos calcáreos de las formaciones Pariatambo y grupo Pulluicana. “La composición del stock es de diorítica a cuarzo diorítica. La alteración oblitera fuertemente la masa de la roca, con abundante desarrollo de

filosilicatos (Hillesland, 2003)” (Roncal, L., 2013, p. 43).

No se han realizado dataciones para el stock Cerro las Gordas, pero “se sugiere una correlación con el stock de Cerro Puente de la Hierba datado con el método de análisis $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (biotita), muestra de diorita – monzodiorita que indican 12.73 ± 0.08 millones de años (Tosdal, 2001)” (Roncal, L., 2013, p. 43).



ERA	SISTEMA		UNIDAD LITOLÓGICA	ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	CUAT.	REC				
CENOZOICO	PALEÓGENO	SUP.	DEP. CUATER. REC.			Depósitos fluviales y aluviales.
		INFERIOR	VOLCÁNICO HUAMBOS	100		Tobas aglomeradas e ignimbriticas piroclásticas, riolitas y riocacitas; en capas medianas y gruesas
MESOZOICO	CETÁCEO		MEDIO	VOLCÁNICO LLAMA	800	
		FORMACIÓN CAJAMARCA		200		Caliza de color marrón claro, intemperiza a tonos blanquecinos o gris claro y es bastante fosilífera
		GRUPO PULLUICANA		800		Calizas cristalinas nodulares, margas y escasos niveles de lutitas, de estratificación ondulada y con colores gris claros a parduscos y grises oscuros
		FORMACIÓN PARIATAMBO		175.		Calizas bituminosas gris oscuras con niveles de lutitas, densas y macizas, ricamente fosilíferas.
		FORMACIÓN CHÚLEC		300		Calizas nodulares y margas de color marrón crema intercalados con niveles delgados de lutitas calcáreas. abundante restos fósil
			FLORACIÓN INCA	50		Areniscas y lutitas ferruginosas de color pardo oscuro, abundantes fósiles mal conservados,



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA - GEOLOGÍA REGIONAL

Cerro de Pasco, Octubre del 2018

Plano 3

FUENTE: Perez. p. (2008). Peña de las Águilas. Transición Pórfido a Epitermal en Tantauatay. Proyecto Minero Aurífero en Cajamarca, Perú

2.2.2 GEOLOGÍA LOCAL

Las rocas del área de estudio pertenecen al Grupo Calipuy (Volcánico Llama) y localmente reciben el nombre de Volcánico Tantahuatay (Pérez, J., 2008, p. 48). Además, estas rocas han sido cortadas por cuerpos subvolcánicos de composición andesítica y por brechas.

En el área, ocurren tres etapas principales de actividad volcánica del tipo diatremas piroclásticas (piroclastos) con domos subaéreos (lavas). Inicialmente predominan las emisiones piroclásticas a partir de fisuras. A continuación, aparecen los domos subvolcánicos andesíticos, que configuran lineamientos. A finales del ciclo eruptivo aparecen chimeneas de brecha en asociación a zonas de fracturamiento con alteración hidrotermal del tipo argílico avanzado y mineralización aurífera de alta sulfuración.

2.2.2.1 Unidades geológicas

2.2.2.1.1 Volcánico Tantahuatay (Grupo Calipuy - Volcánico Llama)

“Las dataciones realizadas para el volcánico Tantahuatay indican diferentes pulsos de intrusión. Métodos de análisis K/Ar (alunita hipógena) indican 12.40 ± 0.40 millones de años (Mac Farlane et al. 1994), método de análisis U/Pb (zircón)

en una muestra de andesita estima 13.20 ± 0.20 millones de años. (Tosdal, 2001)” (Roncal, L., 2013, p. 47).

Está constituido por una potente secuencia lavas porfiríticas de composición andesítica, seguido de una secuencia rocas piroclásticas de andesitas, de tufos de líticos y subvolcánicos porfiríticos de composición andesítica.

- **Lavas porfiríticas (Lv)**

Esta unidad está expuesta en afloramientos de menor tamaño en la zona norte del mapa de geología local y está constituido por capas andesíticas porfiríticas y hornbléndicas, debido a la moderada alteración que presenta, se distinguen algunas plagioclasas y hornblendas de la textura original de la roca.

La intensidad de la alteración ha obliterado la roca, sin embargo, se logra apreciar los moldes corroídos de las plagioclasas y hornblendas reemplazados por arcillas principalmente. (Pérez, J., 2008, p. 49)

- **Rocas piroclásticas (Prcl)**

Principalmente, reconocido en la parte central como afloramientos de rocas volcánicas (tufos de cristales y de

cristales y líticos) de composición andesítica y alteradas que preservan débilmente la textura original con plagioclasas. Estos tufos han sido cortados por cuerpos subvolcánicos porfiríticos y brechas hidrotermales.

- **Subvolcánico porfirítico (Sv- Porf)**

Existen pequeñas intrusiones subvolcánicas que cortan a las anteriores unidades volcánicas en forma de domos, que aprovecharon zonas de debilidad para su emplazamiento.

Representados por rocas frescas gris verdosas (ligera a débil propilitización) de textura porfirítica de grano grueso y se presenta afloramientos en la zona sur del yacimiento.

2.2.2.1.2 Brechas

- **Brecha Hidrotermal (BxH)**

Se caracteriza por la presencia de fragmentos de rocas volcánicas con tamaños 1 a 20 centímetros principalmente, presenta formas subangulosas a subredondeadas, su naturaleza es sílice gris, de texturas masivas obliteradas, tufos de cristales, en matriz de sílice arcillosa y/o con fragmentos subangulosos a subredondeados de sílice gris y


tufos de cristales mayor a 2 centímetros, dentro de una matriz de óxidos de fierro, alunita y caolinita.

2.2.2.1.3 Depósitos cuaternarios recientes (Q)

En el área del proyecto, los materiales cuaternarios se encuentran distribuidos con espesores que varían entre 1 y 6 metros. Los materiales encontrados corresponden a materiales fluvio-glaciares y materiales orgánicos de bofedales. Los materiales fluvio-glaciares se presentan ampliamente distribuidos en las laderas y al pie de los cerros, formando superficies de pendientes media a baja; en su conjunto consisten de la alternancia de horizontes de gravas arenosas con arcilla y horizontes de gravas arenosas mal gradadas. El espesor de estos depósitos, observado en los cortes de los accesos en la mayor parte del área del proyecto, varía desde 0.5 hasta 3 metros. (Knight Piésold Consultores, 2007, p. 16)

Los bofedales se localizan principalmente en el lecho de las quebradas su ancho varía entre 100 y 300 metros debido a la morfología glacial que ha desarrollado quebradas con fondo llano y plano. Los materiales en los bofedales corresponden a suelos orgánicos saturados, arcillas muy

blandas con arenas limosas sueltas y saturadas. Estos bofedales son superficiales y con espesores variables, lo que ha sido observado en perforaciones entre 2 y 6 metros. (Knight Piésold Consultores, 2007, p. 17).

ERA	SISTEMA		UNIDAD LITOLÓGICA	ESPESOR (m)	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN
	CUAT.	REC.				
CENOZOICO	PALEÓGENO	INFERIOR	GRUPO CALIPUY	200		<p>Material fluvioglacial y material orgánico</p> <p>Rocas piroclásticas andesíticas</p> <p>Brecha hidrotermal</p> <p>Subvolcánicos porfíricos andesíticos</p> <p>Lavas andesíticas porfíricas hornbléndicas</p>
			VOLCÁNICO TANTAHUATAY (VOLCÁNICO LLAMA)			
 UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS						
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA - GEOLOGÍA LOCAL						
Cerro de Pasco, Octubre del 2018					Plano: 4	
FUENTE: Perez. p. (2008). Peña de las Águilas. Transición Pórfido a Epitermal en Tantauatay. Proyecto Minero Aurífero en Cajamarca, Perú						

2.2.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El área del proyecto está relacionada al corredor estructural Chicama – Yanacocha, que controla la sucesión de una serie de fenómenos estructurales, magmáticos e hidrotermales.

“El mega bloque estructural desde Yanacocha – Tantahuatay - La Granja, está limitado al norte por la flexión de Cutervo y al sur por la flexión de Cajamarca; dentro de este bloque estructural los lineamientos estructurales principales más antiguos y dominantes son los andinos noroeste, cortados por estructuras del sistema trasandino noreste y fallas este-oeste relacionadas a los depósitos de Tantahuatay y Mirador Norte; de manera subordinada se tienen fallas menores con orientación norte-sur (J. Rosas y J. Calizaya)” (Pérez, J., 2008, p. 38)

En general, en el área del proyecto se presentan tres sistemas de fallas principales. El sistema de fallas de dirección NO, cuyas fallas son coincidentes con la dirección andina y son cortadas por fallas NE; movimientos tectónicos sucesivos produjeron fallas de dilatación EO.

2.2.3.1 Falla principal

“Predominan fallas mayores con dirección NO-SE de carácter regional, que son cortadas por fallas NE-SO, movimientos tectónicos sucesivos produjeron fallas locales EO que

generalmente están mineralizadas (Vidal and Cabos, 1983)” (Pérez, J., 2008, p. 51).

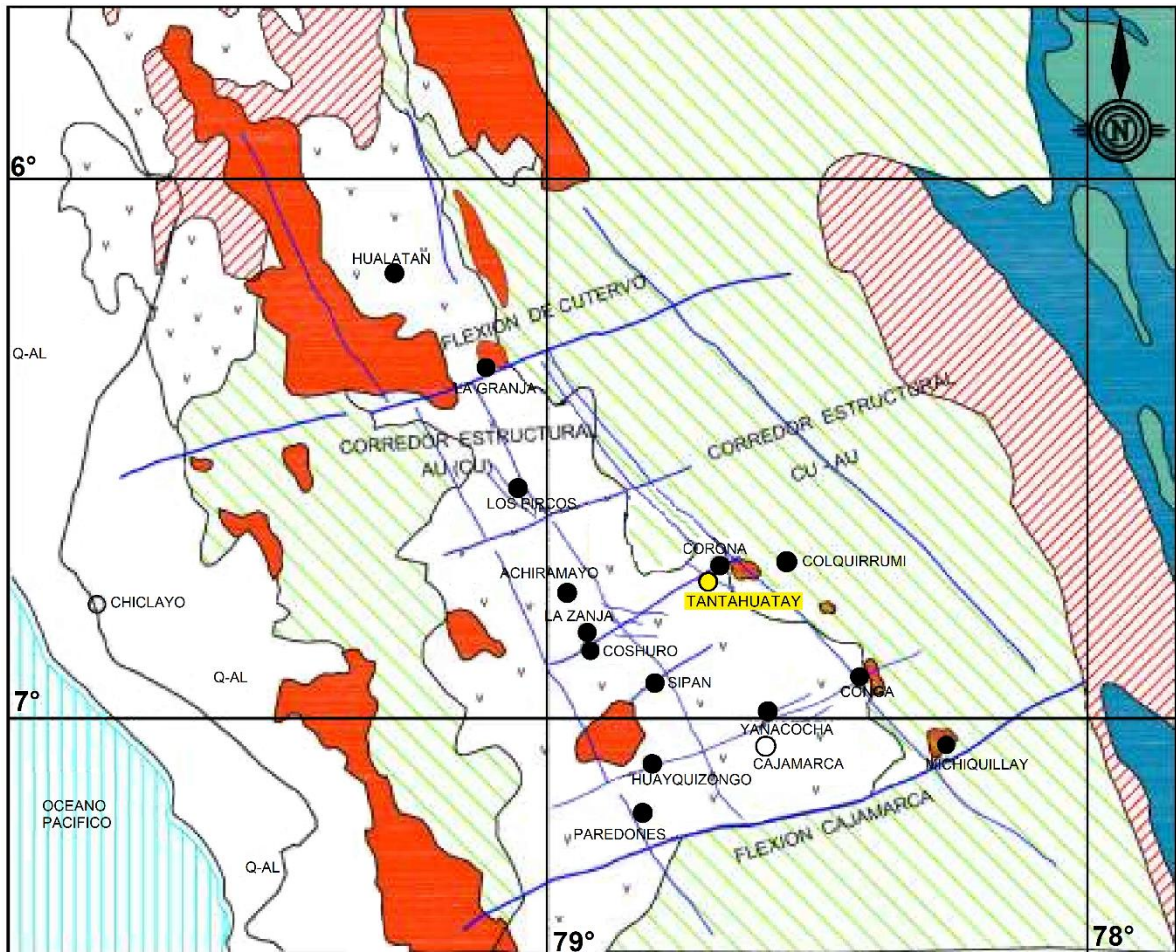
Estructuralmente se tienen dos sistemas principales: el sistema N45°O (coincidente con el sistema andino) y el sistema N45°-55°E. Estas últimas son manifestaciones tardías de la tectónica local que muestran bloques estructurales generando horsts y grabens. Las fallas cuya orientación coincide con el sistema andino son generalmente más continuas.

Localmente, se han generado los sub-bloques Tantahuatay, Mirador y Ciénaga, los que han sido dividido por fallas de orientación N45°O.

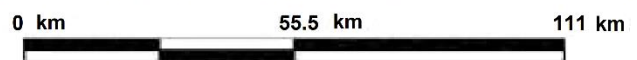
2.2.3.2 Falla secundaria

En la parte sur oeste de Mirador Norte se presentan fallas menores con dirección N 75° O (este – oeste), estas fallas han contribuido la dirección del emplazamiento de las estructuras de sílice y brecha hidrotermales.

También, hay un sistema de fallas menor Noroste-Sureste (N 40° O), es decir casi coincidente con la dirección del sistema andino.



LEYENDA



- | | | | |
|--|-------------------|--|---|
| | VOLCANICO CALIPUY | | BATOLITO DE LA COSTA E INTRUSIVOS TERCARIOS |
| | CUENCA CRETACICA | | |
| | GRUPO PUCARA | | |
| | ROCAS PALEOZOICAS | | |
| | PRECAMBRICO | | |
| | CAMINOS | | MINAS Y PROSPECTOS |
| | POBLADOS | | LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES |



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL CHICAMA - YANACOCHA

Cerro de Pasco, Octubre del 2018

Plano: 5

FUENTE: Perez. p. (2008). Peña de las Águilas. Transición Pórfido a Epitermal en Tantahuatay. Proyecto Minero Aurífero en Cajamarca, Perú

CAPÍTULO 3. AUTOMATIZACIÓN EN MONITOREO DE TALUDES EN LA COMPAÑÍA MINERA COIMOLACHE S.A. CAJAMARCA.

3.1 ESTACIONAMIENTO DE EQUIPO

En la unidad Minera, se usa Prismas GPR112 marca Leica y estación Total TS15 marca Leica.

Prismas:

El prisma es un objeto circular formado por una serie de cristales que tienen la función de regresar la señal emitida por una estación total. La distancia del aparato al prisma es calculada en base al tiempo que tarda en ir y regresar el láser a la estación Total.

Prismas GPR112 Marca Leica:

Prismas para monitoreo en minería con rosca M8, con cubierta protectora en la parte frontal contra la lluvia y polvo que se precipita.

Utiliza un montaje tipo GHT112 con dos adaptadores internos con rosca de M8 y adaptador de 5/8", conveniente para los sistemas directos de fijación en casi cada superficie, el prisma es ajustable a dos ejes.



FIGURA 2 PRISMA GPR112 LEICA

Estación Total Robotizada marca Leica TS15A:

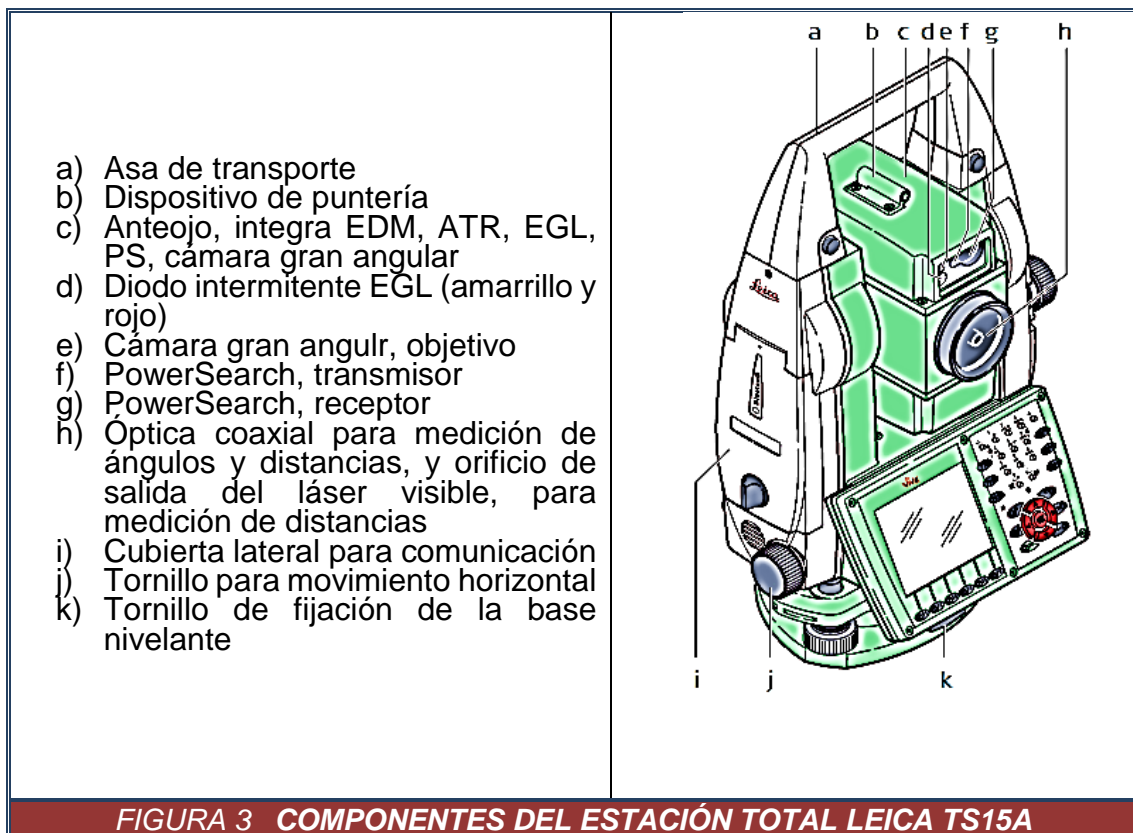
Estación total de última generación fabricada bajo los estándares más altos de calidad con un distanciómetro Laser R400 que le permite hacer mediciones sin prisma a más de 400 m.

Se basa en años de experiencia combinando los mejores sensores de estaciones totales del mundo: ángulos, distancias y el sistema de centrado automático de prismas.

La Leica Viva TS15A centra los prismas en los entornos más exigentes, el PinPoin EDM se combina con los sensores angulares para completar el proceso de medición.

Se utiliza para la medición de ángulos horizontales y verticales.

- Medición de distancias.
- Visualización del eje de puntería y del eje vertical.
- Medición de datos sin procesar y cálculo de coordenadas mediante fase portadora y señal de código de satélites GNS



3.1.1 POSICIONAMIENTO DE PRISMAS

En los diferentes componentes se instalan prismas estacionarios estratégicamente acorde a las discontinuidades del macizo rocoso o tipo de roca que puede sufrir un desplazamiento, siguiendo el siguiente procedimiento:

- a) Solicitar autorización de ingreso al responsable del componente, comunicando la zona a trabajar y notificar el retiro del área.
- b) Inspeccionar el área de trabajo e identificar condiciones inseguras y sus riesgos.
- c) Realizar el trabajo entre dos personas, cumpliendo la cartilla de Ergonomía.
- d) Haciendo uso del GPS diferencial o el plano de ubicación, determinar la zona a colocar el prisma, asegurar visión del punto de monitoreo fijo.
- e) Cavar un orificio de dimensiones de 40 cm x 40 cm x 40 cm.
- f) Colocar la estaca del portaprisma y fijarla con mezcla de concreto.
- g) Fijar la paleta del portaprisma en la estaca direccionándolo hacia el punto del monitoreo.
- h) Fijar el prisma en la paleta del portaprisma y tomar medida de la altura del nivel del piso al centro de nivel del prisma.
- i) En gabinete actualizar el Plano de Instrumentación.

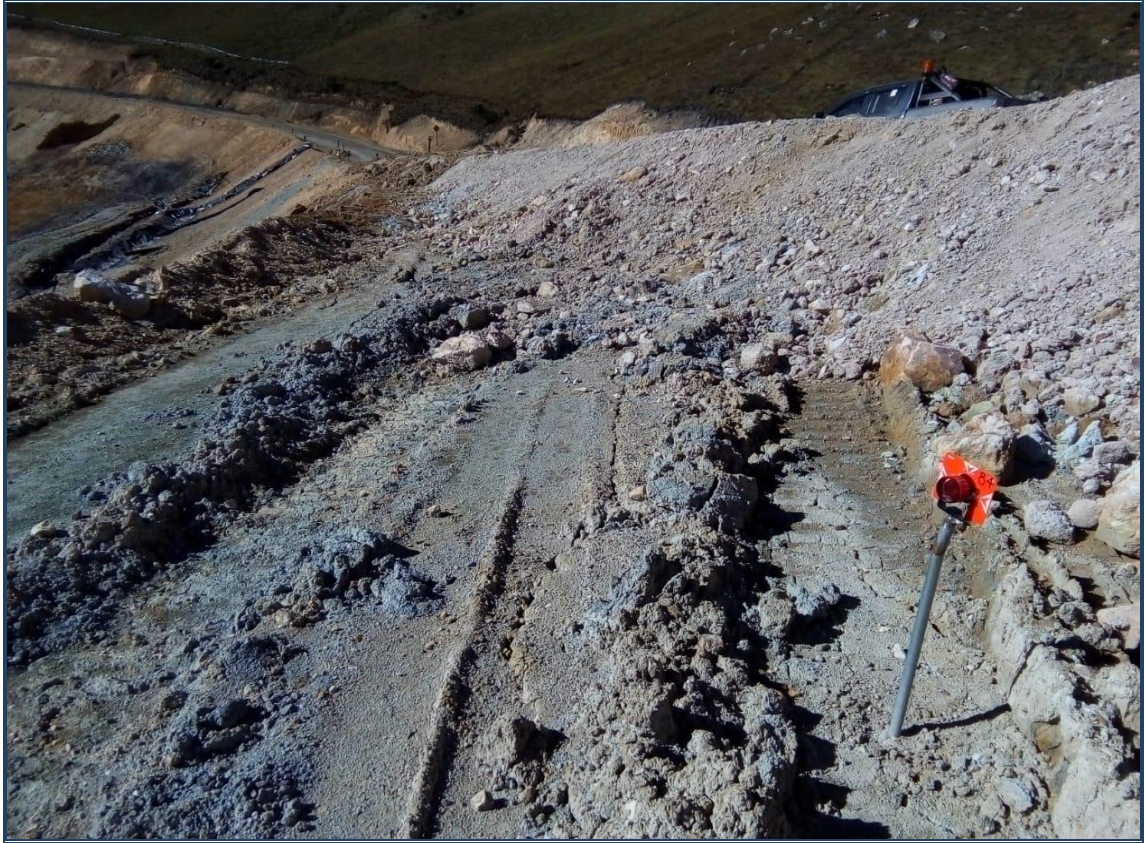
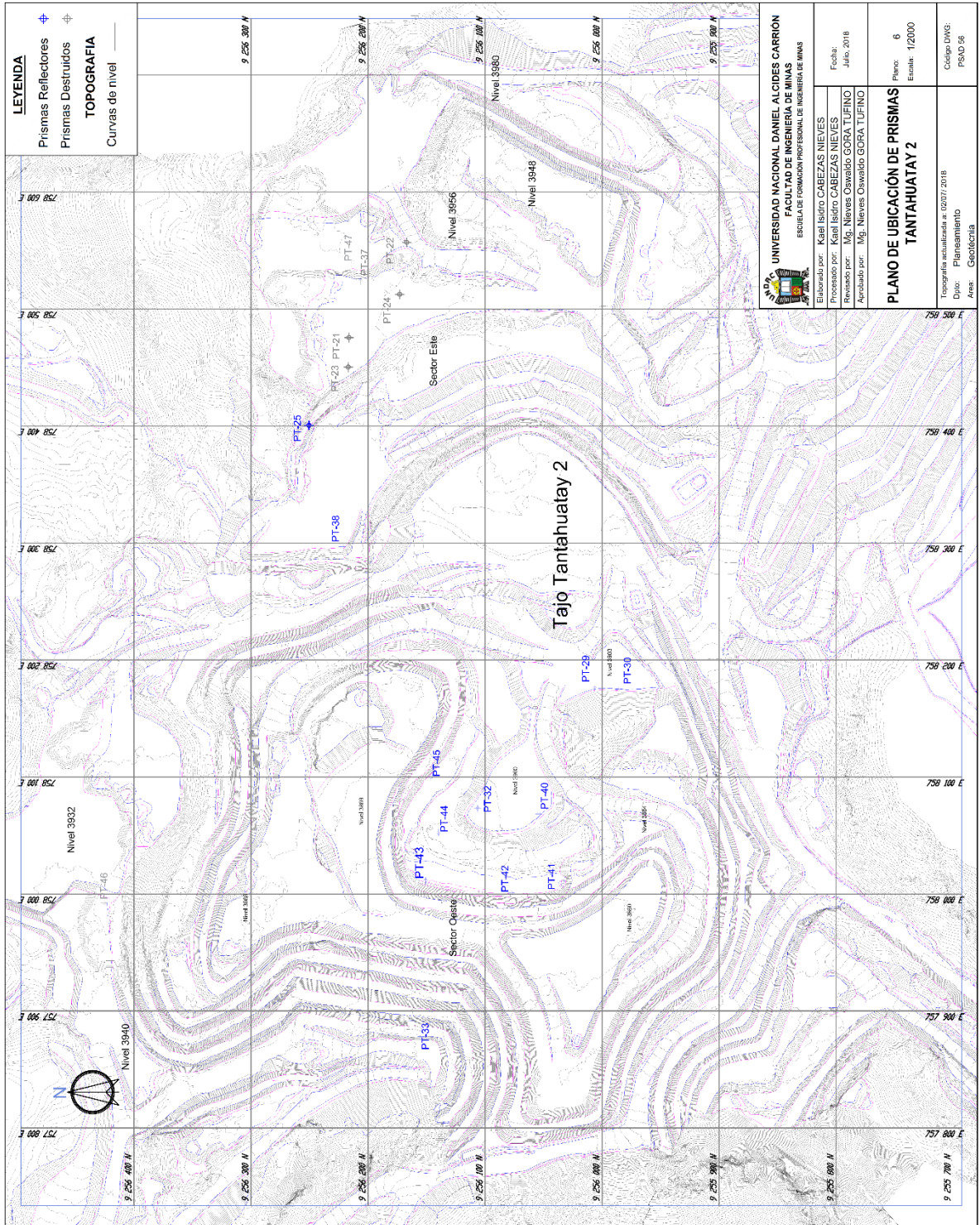



FIGURA 4 INSTALACIÓN DE PRISMA

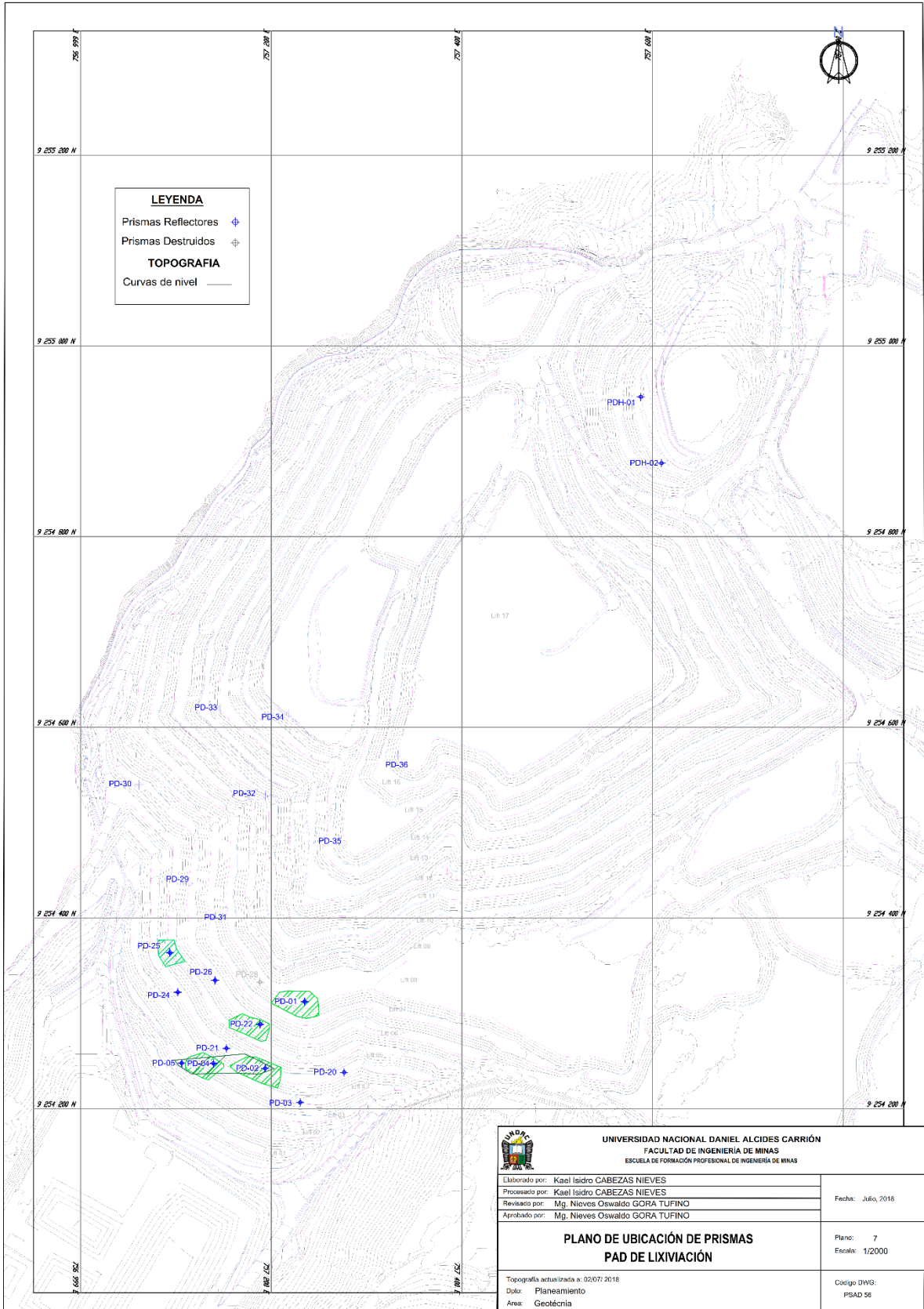
Los posicionamientos de los prismas en los componentes son de la siguiente manera:




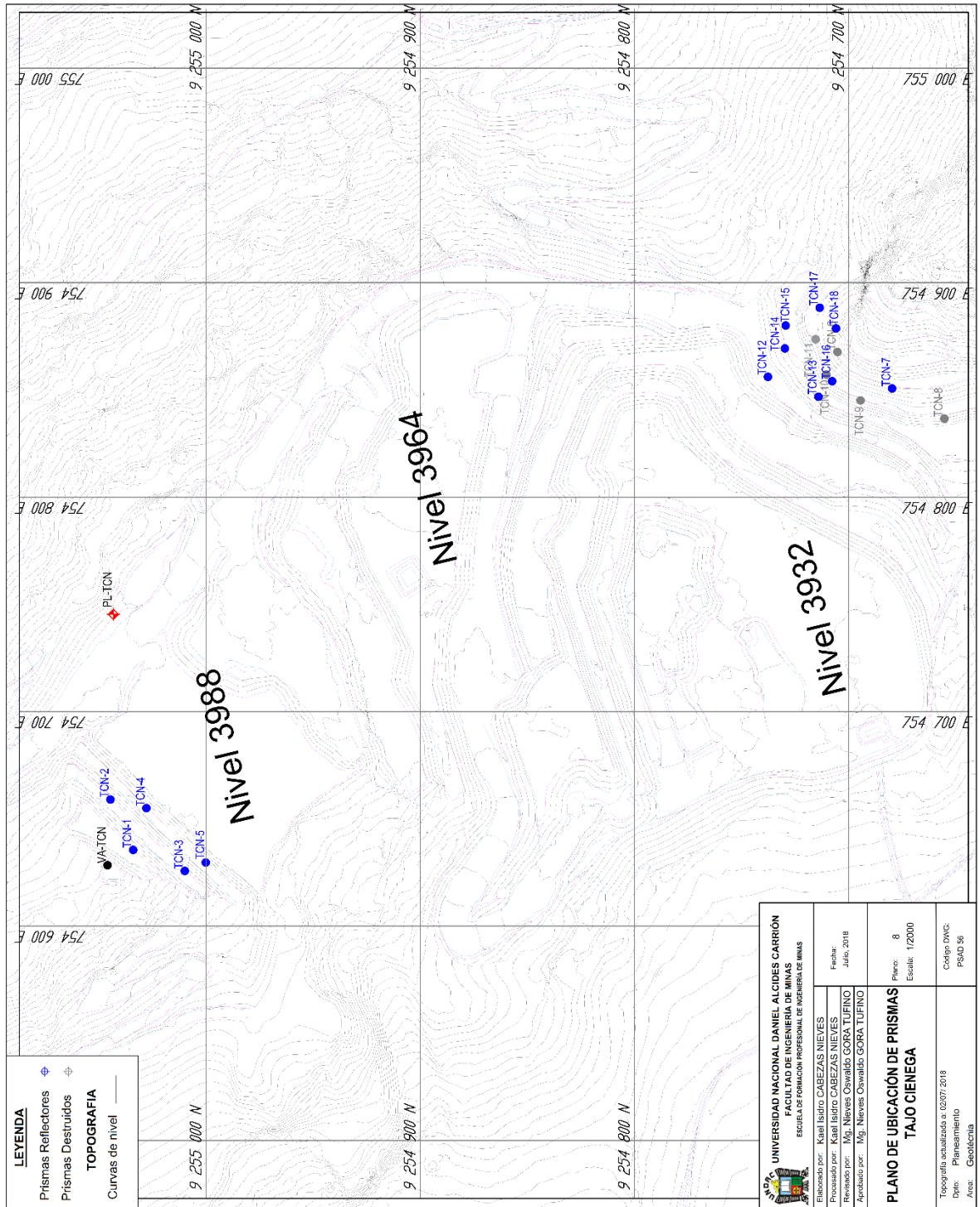
LEYENDA

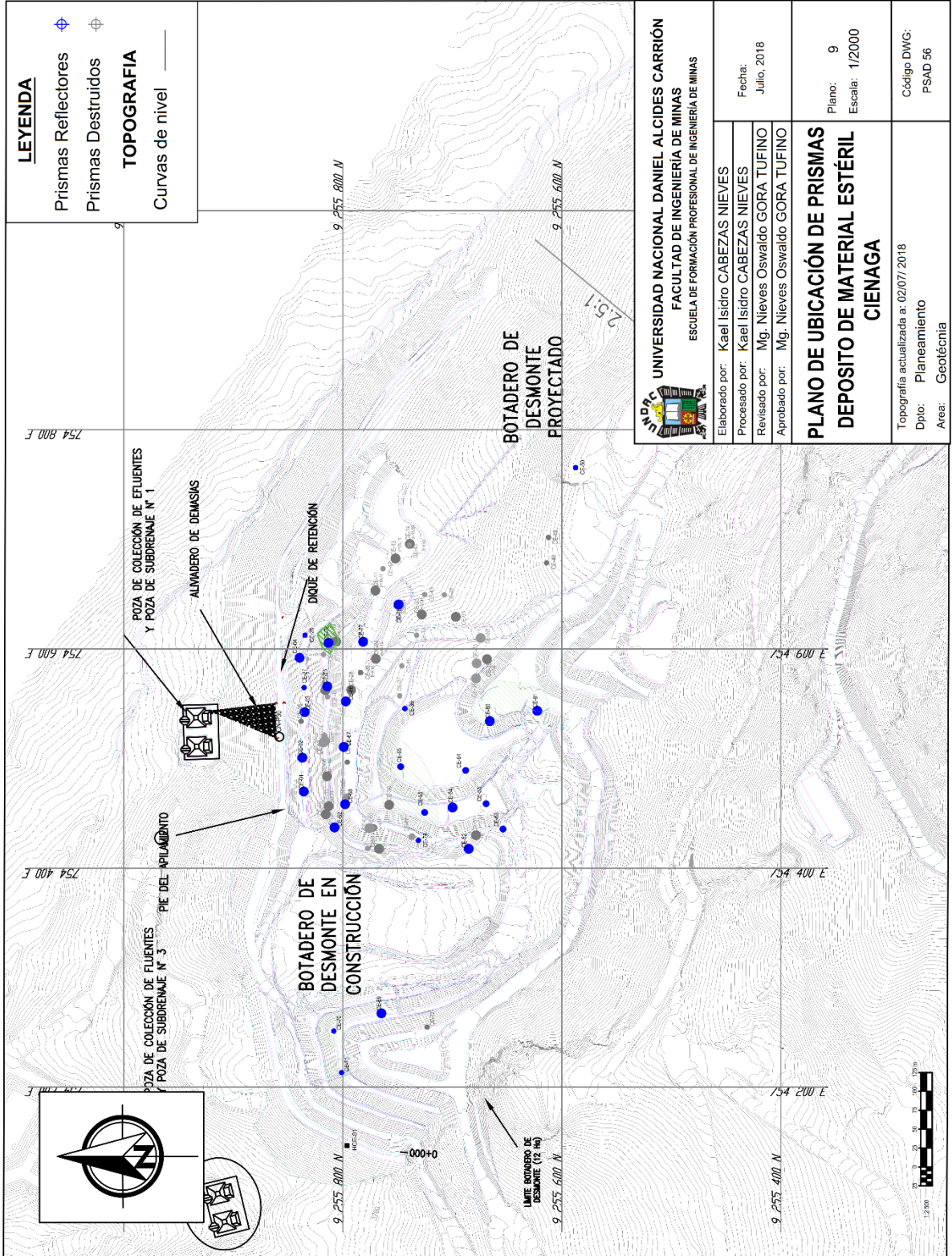
Prismas Reflectores	+
Prismas Destruídos	+
TOPOGRAFIA	
Curvas de nivel	—

 UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE LA INGENIERIA DE MINAS	Elaborado por: Kabal Isidro CABEZAS NIEVES
	Fecha: Julio, 2018
	Revisado por: Mg. Nieves Oswaldo GORA TUFINO
PLANO DE UBICACIÓN DE PRISMAS TANTAUAY 2 Topografía actualizada a: 02/07/2018 Dibujo: Planearquitectura Área: Geotécnica	Plano: 6 Escala: 1/2000 Código DWG: PSAD 95



 UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS		
Elaborado por: Karel Isidro CABEZAS NIEVES Procesado por: Karel Isidro CABEZAS NIEVES Revisado por: Mg. Nieves Oswaldo GORA TUFINO Aprobado por: Mg. Nieves Oswaldo GORA TUFINO		Fecha: Julio, 2016
PLANO DE UBICACIÓN DE PRISMAS PAD DE LIXIVIACIÓN		Plano: 7 Escala: 1/2000
Topografía actualizada a: 02/07/2016 Obra: Planamiento Área: Geotecnia		Código DWG: PSAD 56





LEYENDA

- Prismas Reflectores
- Prismas Destruídos

TOPOGRAFIA

- Curvas de nivel

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
 ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

Elaborado por: Kael Isidro CABEZAS NIEVES
 Procesado por: Kael Isidro CABEZAS NIEVES
 Revisado por: Mg. Nieves Oswaldo GORA TUFINO
 Aprobado por: Mg. Nieves Oswaldo GORA TUFINO

Fecha:
 Julio, 2018

PLANO DE UBICACIÓN DE PRISMAS
DEPOSITO DE MATERIAL ESTÉRIL
CIENAGA

Plano: 9
 Escala: 1/2000

Topografía actualizada a: 02/07/2018
 Dpto: Planeamiento
 Área: Geotécnica

Código DWG:
 PSAD-56

3.1.2 POSICIONAMIENTO DE LA ESTACIÓN TOTAL

Luego del posicionamiento de los prismas, se continúa estacionando correctamente el equipo de estación total en puntos de monitoreo fijo, tomando como referencia una vista atrás ya sea con un punto de referencia o un prisma reflector fijo, esto con la finalidad de minimizar los factores erráticos, así asegurando una correcta toma de datos.

La estación total se estacionará en un pilar tal como muestra en la imagen.



FIGURA 5 PILAR

Una vez instalada correctamente la estación total, se visualizará cada uno de los prismas del área a monitorear y se registrará las coordenadas y mediciones tomadas



3.2 PROCESAMIENTO MANUAL DE DATOS

Como se hacía mención anteriormente, el procesamiento de datos resultaba tedioso; los datos eran almacenados por cada prisma en un libro Excel, motivo por el cual el análisis de datos no era el adecuado, de igual forma, las coordenadas de posicionamiento tomadas en campo, fueron utilizados directamente en los cálculos de azimut, velocidad, aceleración sin considerar los factores erráticos.

Dicha práctica de procesamientos de datos obligaba en la parte final del análisis, eliminar con criterios prácticos, datos de coordenadas manualmente, considerados como picos estadísticos, para los reportes semanales, de la siguiente manera:

Tomando como ejemplo el prisma CE-01 del DME CN

Los resultados obtenidos en la tabla mostrada, son procesados sin considerar los factores erráticos, obteniendo como gráficos eliminando los factores erráticos en forma manual, como se observa en los siguientes gráficos.

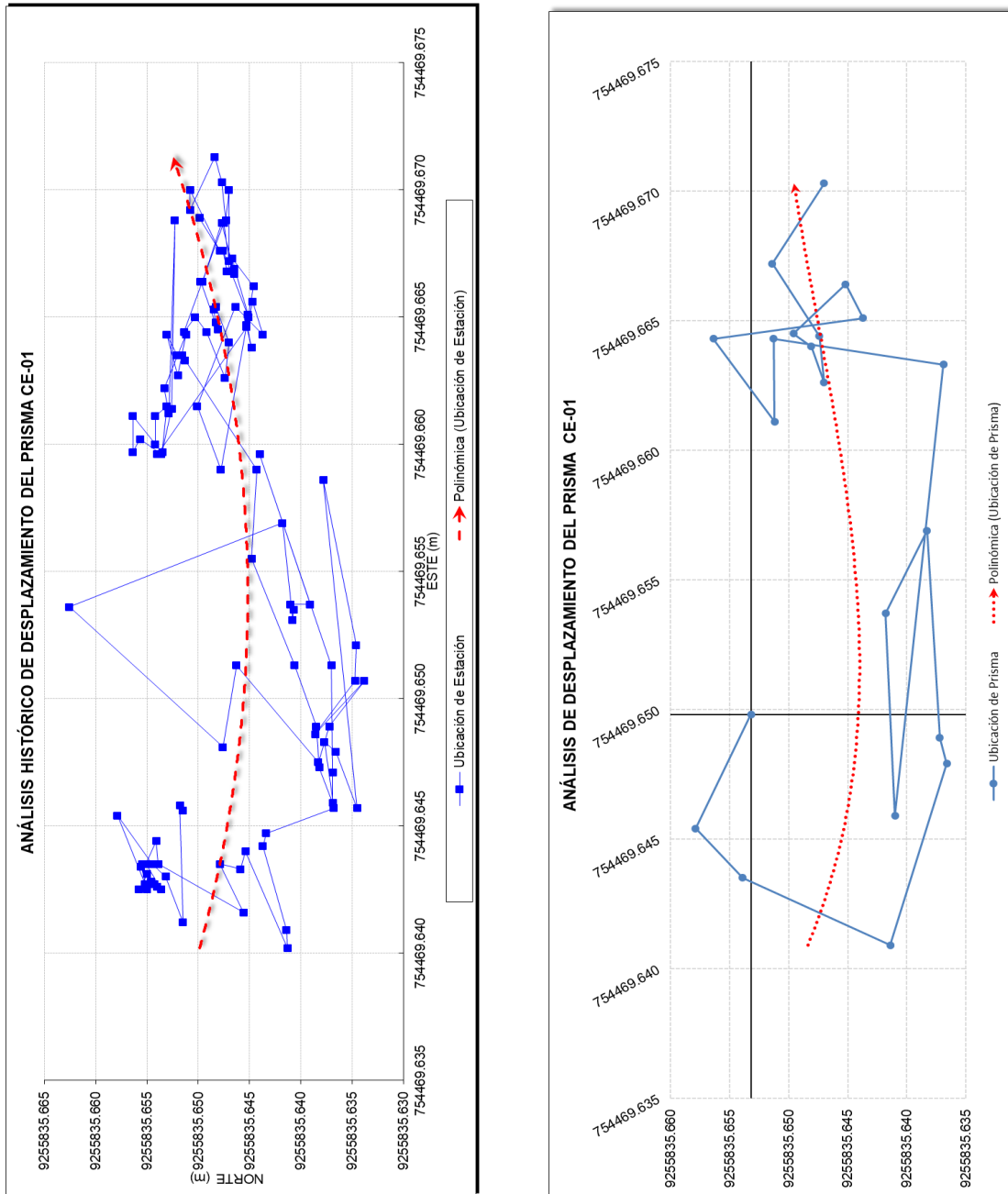


GRÁFICO 1 DESPLAZAMIENTO DEL PRISMA CE-01, PROCESADA Y SIN PROCESAR

Como se observa en los gráficos anteriores, no se muestra el vector resultante de movimiento como tampoco se muestra el límite de influencia del movimiento.

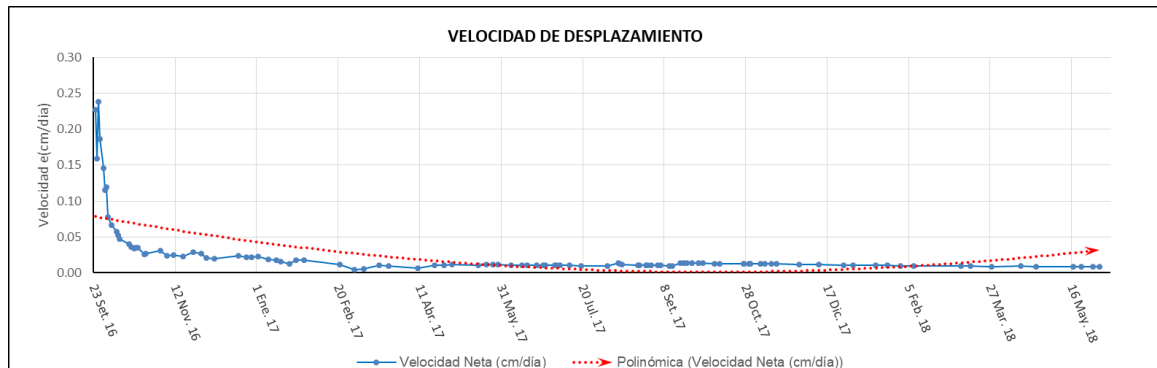


GRÁFICO 2 VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO

3.3 CONSIDERACIONES PARA LA ELABORACIÓN DEL PROGRAMA

En vista que en el gráfico de desplazamiento no se muestra gráficamente los límites de desplazamiento y vector resultante, así como los factores erráticos han sido eliminados de forma manual, en la presente tesis he propuesto automatizar el monitoreo de componentes considerando que la data sea procesada automáticamente.

3.3.1 DETERMINACIÓN DE FACTORES ERRÁTICOS

Los errores en los procesamientos de datos, se determina de acuerdo a los siguientes factores:

a) Factores humanos

Para los trabajos topográficos concernientes al monitoreo, el área de Geotecnia cuenta con un topógrafo especializado, y cuando hay cambio de guardia las veces del topógrafo lo hace un Training, que muchas veces

por la inexperiencia están más sujetos a cometer errores, observándose estos errores en los resultados obtenidos de campo, generándose así picos estadísticos los que deben ser corregidos de acuerdo del establecimiento de un parámetro denominado desde ahora Trigger.

b) Factores ambientales

Los factores ambientales inciden directamente en los resultados de la obtención de datos, por lo tanto, tomamos como referencia los siguientes cuadros.

Día	TEMPERATURA (°C)			HUMEDAD (%)	VIENTOS (km/h)			Presión Atm. (mbar)	Precipitación (mm/día)	Radiación Solar (W/m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm/día)
	PROM	MÁX	MÍN		V. prom	Direc. prom.	V. máx				
01/01/2018	8.91	13.40	6.80	88.70	9.29	WNW	30.60	642.49	0.40	9170.00	2.58
02/01/2018	7.77	11.80	5.60	90.25	8.39	WNW	27.40	642.70	0.20	3548.00	0.96
03/01/2018	8.59	12.80	5.40	87.66	6.46	WNW	29.00	642.50	0.00	9086.00	2.54
04/01/2018	8.77	12.20	6.30	90.13	5.35	SSE	30.60	643.03	0.20	7041.00	2.16
05/01/2018	8.93	13.70	6.80	90.15	5.52	ESE	29.00	643.67	7.00	8645.00	2.27
06/01/2018	9.61	13.30	7.30	87.06	9.41	WNW	29.00	643.99	6.20	7121.00	1.93
07/01/2018	9.00	12.30	6.90	88.91	4.34	WNW	29.00	643.42	0.40	5444.00	1.49
08/01/2018	9.27	11.90	7.10	90.57	5.03	SSE	25.70	642.93	0.40	6314.00	1.87
09/01/2018	8.54	12.30	5.60	84.26	8.58	N	25.70	643.19	0.00	6602.00	1.99
10/01/2018	8.43	11.10	6.30	66.66	10.07	NNW	32.20	643.08	0.00	6315.00	2.41
11/01/2018	8.45	11.40	6.70	71.02	8.72	N	27.40	643.09	0.00	6384.00	2.18
12/01/2018	9.00	13.40	7.20	74.16	7.12	NNW	37.00	643.58	0.00	7196.00	2.38
13/01/2018	8.37	13.30	5.60	62.14	10.63	NNE	27.40	643.34	0.00	7554.00	2.95
14/01/2018	9.09	13.70	6.80	75.07	5.27	SE	25.70	642.87	0.40	6197.00	2.09
15/01/2018	9.66	14.20	8.10	87.57	5.38	WNW	32.20	642.82	0.20	7390.00	2.01
16/01/2018	9.11	13.80	7.30	88.21	4.62	SSE	30.60	642.93	12.80	9114.00	2.26
17/01/2018	8.6	11.9	7.6	91.7	4.5	WNW	25.7	643.0	5.7	3718.0	1.0
18/01/2018	8.5	13.2	7.0	90.0	4.7	WNW	25.7	643.4	9.2	4401.0	1.1
19/01/2018	8.7	11.8	6.0	90.6	3.9	WNW	25.7	643.5	3.4	4496.0	1.1
20/01/2018	9.1	12.3	6.9	86.4	7.6	NNW	32.2	643.0	0.4	7077.0	2.1
21/01/2018	8.8	13.0	6.4	85.5	9.9	NW	38.6	643.3	0.0	8431.0	2.5
22/01/2018	9.4	14.7	6.2	76.45	11.56	NNW	32.2	643.6	0.0	11385.0	3.6
23/01/2018	9.0	14.7	6.2	78.4	11.0	NW	45.1	642.8	0.0	4354.0	1.6
24/01/2018	10.9	15.2	7.2	73.8	8.9	S	40.2	642.9	0.0	13381.0	3.6
25/01/2018	8.6	14.6	4.8	86.7	6.9	ESE	37.0	643.7	1.0	10741.0	2.9
26/01/2018	8.4	11.8	6.7	88.5	3.6	WSW	19.3	644.0	2.4	4572.0	1.2
27/01/2018	8.4	12.7	5.6	90.2	9.1	E	32.2	629.8	1.6	10283.0	2.7
28/01/2018	7.5	9.1	6.6	95.2	5.9	E	22.5	629.8	11.2	4888.0	1.1
29/01/2018	7.67	9.2	6.2	91.3	6.8	N	24.1	643.1	10.6	3047.0	0.9
30/01/2018	7.78	10.9	6.9	92.9	4.1	NNE	27.4	643	8.0	3895.0	0.9
31/01/2018	7.71	8.9	6.9	92.6	5.4	SSE	24.1	642.95	8.4	3557.0	0.9
MÁX	10.90	15.20	8.10	95.20	11.56		45.10	644.03	12.80	13381.00	3.63
MÍN	7.50	8.90	4.80	62.14	3.60		19.30	629.80	0.00	3047.00	0.85
PROM	8.73	12.54	6.55	84.93	7.03		29.69	642.31	2.91	6817.65	1.97

Día	TEMPERATURA (°C)			HUMEDAD	VIENTOS (km/h)			Presión	Precipitación	Radiación	EVAPOT
	PROM	MÁX	MÍN	(%)	V. prom	Direc.pro m.	V.máx	Atm. (mbar)	(mm/día)	Solar (W/m2)	RANSP (mm/día)
01/02/2018	7.30	9.70	6.30	94.30	6.20	E	27.40	630.60	11.20	5156.00	130
02/02/2018	7.00	8.20	6.30	95.80	10.50	E	40.20	629.40	2.00	4567.00	110
03/02/2018	7.40	10.70	5.30	92.40	10.70	E	37.00	629.80	3.00	6802.00	190
04/02/2018	7.00	11.20	5.20	92.90	5.20	WSW	20.90	630.10	10.60	4355.00	100
05/02/2018	8.49	12.10	6.10	91.93	5.55	SSE	32.20	642.87	5.20	4632.00	123
06/02/2018	8.26	8.60	6.60	91.12	10.82	WNW	45.10	642.96	2.20	4655.00	121
07/02/2018	8.66	10.60	7.10	89.61	9.25	WNW	61.20	642.58	0.60	4589.00	129
08/02/2018	8.70	10.40	7.30	90.00	9.40	WNW	35.40	642.70	5.80	4306.00	130
09/02/2018	8.40	10.90	6.80	89.60	9.20	WNW	43.50	643.60	5.60	5344.00	150
10/02/2018	8.60	9.90	7.60	89.80	8.10	WNW	46.70	644.20	2.80	4084.00	110
11/02/2018	8.60	12.20	7.10	89.10	8.90	NNW	32.20	643.60	2.40	5403.00	170
12/02/2018	9.00	12.40	6.70	86.70	10.50	NNW	40.20	643.10	0.00	9916.00	2.92
13/02/2018	9.10	12.30	7.70	88.90	5.70	WNW	32.20	642.50	0.60	6769.00	180
14/02/2018	9.00	11.70	6.90	87.40	12.10	WNW	51.50	641.30	0.20	6538.00	2.20
15/02/2018	9.20	12.70	7.70	87.90	12.90	WNW	53.10	640.90	0.40	7013.00	2.40
16/02/2018	9.20	13.40	7.10	86.80	12.00	NW	56.30	641.10	0.20	6714.00	2.10
17/02/2018	8.9	11.9	7.1	87.8	7.1	WNW	32.2	642.6	14	5070.0	16
18/02/2018	9.3	13.0	7.6	88.5	6.1	WNW	38.6	643.1	0.2	6344.0	17
19/02/2018	9.3	12.8	7.4	88.5	7.3	WNW	38.6	642.6	12	5333.0	15
20/02/2018	9.5	14.0	6.8	88.9	6.8	NW	30.6	641.9	0.2	6277.0	2.0
21/02/2018	9.8	14.1	7.1	88.1	5.8	NNW	32.2	641.7	12	7370.0	2.1
22/02/2018	8.7	10.2	7.2	92.6	4	SSW	22.5	641.7	4.6	3776.0	0.9
23/02/2018	8.3	10.3	7.4	92.4	7.6	WNW	40.2	642.5	10.8	3245.0	0.9
24/02/2018	9.0	13.4	7.4	90.4	6.0	WNW	27.4	643.4	13.8	5896.0	17
25/02/2018	8.7	11.4	7.8	92.9	4.5	SSE	25.7	643.5	15.6	4471.0	11
26/02/2018	9.3	12.5	7.7	93.4	3.8	SE	24.1	643.0	2.6	4750.0	12
27/02/2018	9.0	10.3	7.9	94.0	4.7	SSE	22.5	642.6	25.6	3515.0	0.9
28/02/2018	9.28	12.7	7.8	90.5	5.2	WNW	27.4	643.17	6.2	5573.0	16
MÁX	9.80	14.10	7.90	95.80	12.90		61.20	644.20	25.60	9916.00	2.92
MÍN	7.00	8.20	5.20	86.70	3.80		20.90	629.40	0.00	3245.00	0.86
PROM	8.68	11.56	7.04	90.44	7.71		36.33	640.83	4.86	5445.11	1.54

Día	TEMPERATURA (°C)			HUMEDAD (%)	VIENTOS (km/h)			Presión Atm. (mbar)	Precipitación (mm/día)	Radiación Solar (W/m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm/día)
	PROM	MÁX	MÍN		V. prom	Direc. prom.	V.máx				
01/03/2018	9.70	13.10	7.60	86.90	6.60	WNW	38.60	643.70	0.40	6395.00	190
02/03/2018	10.20	14.30	7.60	86.00	6.70	WNW	40.20	643.50	2.20	10331.00	2.90
03/03/2018	9.10	12.40	7.70	90.10	6.70	WNW	33.80	643.10	11.60	4770.00	130
04/03/2018	9.80	13.60	8.10	88.10	4.80	WNW	25.70	643.10	4.00	7074.00	190
05/03/2018	9.20	13.80	7.70	88.40	5.10	SW	30.60	643.90	9.20	8541.00	2.20
06/03/2018	8.20	10.70	6.80	89.60	8.70	N	41.80	644.10	22.60	3273.00	100
07/03/2018	7.20	9.20	6.30	91.50	9.20	N	40.20	643.70	6.80	3683.00	100
08/03/2018	7.80	10.40	6.30	90.60	6.90	S	25.70	643.70	2.80	6000.00	170
09/03/2018	8.50	11.20	5.20	89.10	4.90	NNE	22.50	643.70	2.40	7708.00	2.00
10/03/2018	8.40	12.90	6.90	81.80	6.50	NNE	22.50	644.30	0.80	8175.00	2.40
11/03/2018	8.40	12.60	5.60	80.80	7.50	N	33.80	644.10	0.00	7134.00	2.10
12/03/2018	8.60	12.10	5.20	83.40	6.80	SSE	27.40	643.80	5.00	9404.00	2.60
13/03/2018	9.10	12.70	6.70	89.70	3.90	W	27.40	643.80	2.20	6931.00	2.00
14/03/2018	8.80	11.90	7.20	84.80	8.40	S	27.40	644.00	0.40	457.00	0.30
15/03/2018	9.70	13.30	6.70	83.10	10.30	NW	40.20	643.50	1.40	11357.00	3.40
16/03/2018	8.70	12.90	6.20	83.00	12.30	NW	43.50	643.20	0.00	10211.00	3.10
17/03/2018	9.80	13.70	6.90	82.20	13.40	NW	48.3	643.10	0.0	9787.00	3.30
18/03/2018	8.90	12.20	5.90	81.93	12.70	E	49.9	642.80	0.0	8906.00	2.85
19/03/2018	8.80	12.10	6.90	85.63	8.58	E	37.0	643.12	4.2	4589.00	1.60
20/03/2018	9.80	13.70	7.60	85.16	9.00	E	29.0	643.00	0.2	10267.00	3.00
21/03/2018	9.30	13.10	7.40	86.4	9.00	NW	38.6	644.0	0.2	6138.00	2.0
22/03/2018	8.6	10.70	7.30	89.8	8.70	NW	37.0	643.8	2.6	5416.0	1.6
23/03/2018	8.7	11.00	7.6	90.7	7.60	WNW	32.2	643.7	2.6	4080.0	1.1
24/03/2018	10.0	14	7.3	84.5	9.20	NW	33.8	643.1	0.0	10660.0	3.3
25/03/2018	9.7	13.6	7.6	87.2	7.7	NW	37.0	642.7	0.0	5582.0	1.9
26/03/2018	9.2	11.8	7.8	88.1	8.3	WNW	38.6	644.0	6.6	4640.0	1.6
27/03/2018	8.6	11.9	7.6	91.5	5.7	WNW	32.2	644.9	15.2	4505.0	1.1
28/03/2018	9.2	13.2	7.7	87.6	4.3	W	27.4	644.6	12.2	6992.0	1.9
29/03/2018	9.5	13.6	7.3	88.7	3.9	WNW	25.7	644.2	6.0	7679.0	1.9
30/03/2018	9.1	12.3	7.3	87.1	7.5	NW	33.8	644.2	3.4	5372.0	1.7
31/03/2018	9.3	13.3	6.4	81.6	9.8	NW	41.8	644.2	0.0	13653.0	3.8
MÁX	10.20	14.30	8.10	91.50	13.40		49.90	644.90	22.60	13653.00	3.80
MÍN	7.20	9.20	5.20	80.80	3.90		22.50	642.70	0.00	457.00	0.30
PROM	9.03	12.49	6.98	86.61	7.76		34.31	643.70	4.03	7087.42	2.08

Día	TEMPERATURA (°C)			HUMEDAD (%)	VIENTOS (km/h)			Presión Atm. (mbar)	Precipitación (mm/día)	Radiación Solar (W/m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm/día)
	PROM	MÁX	MÍN		V. prom	Direc. prom.	V. máx				
01/04/2018	8.99	12.80	7.70	88.79	4.26	WNW	27.40	644.45	4.80	5576.00	146
02/04/2018	8.90	11.30	7.20	86.56	4.93	W	24.10	643.77	3.00	5467.00	162
03/04/2018	8.10	10.70	6.60	90.80	4.90	S	25.70	785.40	9.20	4230.00	110
04/04/2018	9.20	12.30	7.10	85.40	4.30	NNW	27.40	1021.40	2.80	6454.00	190
05/04/2018	8.90	11.30	7.40	88.60	8.30	WNW	40.20	1019.80	3.40	6145.00	2.00
06/04/2018	8.50	11.90	6.80	85.70	10.10	NW	41.80	1020.40	0.00	6804.00	2.10
07/04/2018	9.50	13.80	5.80	78.70	11.20	NW	45.10	1019.70	0.00	13047.00	3.90
08/04/2018	9.83	14.00	6.10	81.63	10.18	ESE	48.30	1017.55	1.00	10994.00	3.40
09/04/2018	10.06	13.60	7.40	83.83	9.19	ESE	35.40	1017.49	0.20	10173.00	3.10
10/04/2018	9.44	12.20	7.60	84.06	9.63	ESE	40.20	1017.92	0.40	8705.00	2.60
11/04/2018	8.40	10.80	7.20	88.30	6.60	NNW	27.40	1019.90	8.80	3945.00	120
12/04/2018	8.90	12.50	6.90	86.80	4.70	SSE	24.10	1021.00	0.00	7807.00	2.00
13/04/2018	8.90	12.60	6.10	89.50	4.40	NNW	22.50	1019.60	0.20	8122.00	2.10
14/04/2018	9.60	14.20	7.00	85.30	5.40	WNW	30.60	1018.20	0.00	8459.00	2.60
15/04/2018	9.16	12.90	7.30	87.33	9.55	WNW	43.50	1016.90	0.00	4790.00	182
16/04/2018	8.99	12.30	7.40	87.69	7.45	NW	33.80	1017.87	0.60	4972.00	160
17/04/2018	8.72	11.20	7.20	88.15	9.53	WNW	37.0	1020.00	1.2	5097.00	173
18/04/2018	8.00	10.20	6.90	88.90	10.20	NW	53.1	1021.00	2.2	4158.00	130
19/04/2018	9.30	13.20	7.10	83.40	10.40	NNW	33.8	1021.10	2.2	9859.00	3.10
20/04/2018	8.50	11.70	5.40	84.60	9.80	NW	41.8	1019.30	0.2	6365.00	2.30
21/04/2018	8.90	12.60	7.00	86.1	12.10	NW	51.5	1019.8	0.0	6796.00	2.2
22/04/2018	9.0	12.60	7.10	85.3	12.60	NW	45.1	1020.4	0.2	7255.0	2.5
23/04/2018	8.9	13.40	6.9	87.2	8.30	NW	38.6	1020.5	14.4	5441.0	18
24/04/2018	9.5	13.1	7.7	84.6	6.70	SSE	32.2	1019.5	0.0	8489.0	2.5
25/04/2018	8.9	11.7	6.7	82.6	5.9	WNW	27.4	1018.7	6.0	5094.0	18
26/04/2018	9.0	12.9	7.6	80.8	3.9	NW	17.7	1018.5	8.6	4717.0	16
27/04/2018	9.4	13.1	7.7	84.2	6.3	WNW	24.1	1017.6	3.6	7240.0	2.2
28/04/2018	8.5	13.1	6.1	90.2	5.1	WNW	27.4	1017.6	2.6	6822.0	19
29/04/2018	9.1	13.4	5.7	85.7	6.8	ESE	27.4	1019.7	0.2	12072.0	3.1
30/04/2018	8.1	12.4	5.1	83.8	9.6	ESE	30.6	1019.5	0.0	12883.0	3.2
MÁX	10.06	14.20	7.70	90.80	12.60		53.10	1021.40	14.80	13047.00	3.90
MÍN	8.00	10.20	5.10	78.70	3.90		17.70	643.77	0.00	3945.00	1.10
PROM	8.97	12.46	6.86	85.82	7.74		34.17	986.49	2.86	7265.93	2.19

Día	TEMPERATURA (°C)			HUMEDAD (%)	VIENTOS (km/h)			Presión Atm. (mbar)	Precipitación (mm/día)	Radiación Solar (W/m ²)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm/día)
	PROM	MÁX	MÍN		V. prom	Direc. prom.	V. máx				
01/05/2018	7.99	14.00	4.60	83.02	5.35	ESE	24.10	1020.89	0.20	8610.00	2.40
02/05/2018	7.87	13.80	5.20	84.31	5.65	ESE	25.70	1022.48	7.00	5898.00	1.70
03/05/2018	7.91	11.50	3.80	76.77	9.53	ESE	37.00	1022.56	0.20	11972.00	3.50
04/05/2018	8.20	12.40	5.40	75.30	11.00	NW	37.00	1022.30	0.00	12368.00	3.70
05/05/2018	8.60	12.30	6.10	82.60	8.20	NW	38.60	1021.20	0.00	8890.00	2.60
06/05/2018	8.70	13.30	5.60	84.00	7.90	NNW	33.80	1020.80	0.00	9647.00	2.70
07/05/2018	8.90	14.10	5.80	84.10	6.70	WNW	30.60	1020.70	0.00	11284.00	2.90
08/05/2018	8.20	12.30	5.70	89.50	5.40	SE	24.10	1020.00	0.20	6773.00	1.80
09/05/2018	7.90	10.60	6.90	92.20	2.30	SEE	16.10	1021.50	10.80	3649.00	0.80
10/05/2018	8.70	12.40	7.20	90.60	4.20	S	32.20	1021.40	0.40	5489.00	1.50
11/05/2018	8.80	13.20	6.10	85.20	6.20	NW	32.20	1021.00	0.00	9094.00	2.60
12/05/2018	8.20	11.70	6.10	85.00	10.00	NW	38.60	1021.20	0.20	8710.00	2.50
13/05/2018	7.90	10.80	5.70	85.00	13.00	NW	54.70	1022.20	0.00	6963.00	2.30
14/05/2018	8.10	12.10	6.30	86.50	12.80	NW	48.30	1021.60	1.60	7122.00	2.20
15/05/2018	8.60	11.40	6.70	85.40	12.60	NW	46.70	1021.50	0.00	5638.00	2.00
16/05/2018	8.50	12.10	7.00	86.70	10.90	NW	38.60	1021.80	0.40	5270.00	2.00
17/05/2018	9.60	13.80	7.00	80.80	10.40	NW	41.8	1020.80	0.0	11307.00	3.40
18/05/2018	9.20	13.50	6.70	87.30	9.70	NW	35.4	1019.50	0.0	9984.00	2.60
19/05/2018	9.35	13.10	7.00	85.52	10.16	ESE	37.00	1019.20	0.0	10518.00	2.80
20/05/2018	8.80	11.80	6.60	85.90	11.40	NW	41.8	1020.00	0.4	7030.00	2.40
21/05/2018	8.69	11.90	7.10	87.4	9.9	ESE	51.5	1021.3	0.8	6205.00	2.0
22/05/2018	8.6	12.60	6.90	87.4	13.20	WNW	48.3	1020.7	0.6	5702.0	2.1
23/05/2018	8.2	10.80	6.8	87.9	14.6	ESE	56.3	1021.7	0.8	4250.0	1.5
24/05/2018	8.7	12.8	6.4	85.1	12.00	NW	49.9	1023.1	1.6	7411.0	2.5
25/05/2018	9.3	13.6	6.8	79.3	8.54	ESE	33.8	1022.8	0.0	10467.0	3.1
26/05/2018	9.9	14.1	6.7	76.1	7.6	ESE	24.1	1020.8	1.4	5117.0	1.5
27/05/2018	8.3	12.1	5.6	86.0	9.3	WNW	32.2	1019.8	0.4	7764.0	2.3
28/05/2018	7.9	12.8	3.8	79.5	8.1	NNW	33.8	1022.9	0.0	10503.0	3.0
29/05/2018	8.2	12.4	4.6	78.8	7.3	NNW	29.0	1023.3	0.0	8880.0	2.7
30/05/2018	9	13.3	5.3	67.2	7.7	SE	25.7	1021.6	0.0	9928.0	3.3
31/05/2018	8.9	12.9	5.4	72.8	7.6	SSE	29.0	1019.4	0.0	10263.0	3.1
MÁX	9.89	14.10	7.20	92.20	14.56		56.30	1023.30	10.80	12368.00	3.70
MÍN	7.87	10.60	3.80	67.20	2.30		16.10	1019.20	0.00	3649.00	0.80
PROM	8.57	12.56	6.03	83.33	9.00		36.38	1021.29	0.87	8151.81	2.44

Día	TEMPERATURA (°C)			HUMEDAD (%)	VIENTOS (km/h)			Presión Atm. (mbar)	Precipitación (mm/día)	Radiación Solar (W/m2)	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm/día)
	PROM	MÁX	MÍN		V. prom	Direc. prom.	V.máx				
01/06/2018	7.40	10.60	4.60	86.60	7.40	WNW	33.80	1020.80	0.40	6214.00	1.60
02/06/2018	7.60	12.20	4.40	84.20	6.30	NNW	30.60	1022.00	1.60	6489.00	2.00
03/06/2018	7.70	11.90	5.30	83.10	6.40	NNW	29.00	1022.40	0.20	7220.00	2.10
04/06/2018	7.90	11.40	6.10	82.90	6.30	NNW	29.00	1022.00	0.00	7805.00	2.30
05/06/2018	8.30	12.70	6.10	81.60	7.40	NNW	25.70	1021.00	1.60	6198.00	2.00
06/06/2018	8.20	13.10	5.70	85.60	6.70	W	27.40	1022.20	0.20	9752.00	2.50
07/06/2018	7.60	10.00	5.60	85.40	6.50	NNW	27.40	1022.50	0.00	5336.00	1.40
08/06/2018	7.20	9.70	5.80	87.00	6.70	WNW	30.60	1023.70	0.80	3939.00	1.20
09/06/2018	7.30	9.30	6.00	84.40	10.90	NW	43.50	1023.70	0.00	5696.00	1.90
10/06/2018	6.81	8.90	5.10	88.29	11.03	ESE	46.70	1024.32	1.00	4047.00	1.30
11/06/2018	6.86	10.40	5.30	88.31	12.31	ESE	59.50	1024.66	0.40	6547.00	1.90
12/06/2018	6.62	10.60	4.10	77.63	11.18	ESE	37.00	1026.23	0.00	9974.00	3.00
13/06/2018	7.10	12.20	3.90	69.20	11.10	NNW	38.60	1026.20	0.00	11675.00	3.60
14/06/2018	7.30	12.20	3.30	63.80	9.20	NNW	35.40	1025.90	0.00	11604.00	3.60
15/06/2018	6.60	11.50	2.80	64.60	12.30	NNW	49.90	1026.70	0.00	12253.00	3.80
16/06/2018	6.90	11.30	3.60	65.80	16.80	WNW	77.20	1025.20	0.00	11390.00	4.00
17/06/2018	7.10	11.70	4.10	71.10	12.10	WNW	45.1	1023.30	0.0	12263.00	3.70
18/06/2018	7.10	11.20	3.70	66.80	11.00	NNW	38.6	1023.40	0.0	10049.00	3.30
19/06/2018	7.10	10.80	3.80	80.60	8.90	NNW	37.00	1022.60	0.0	8059.00	2.40
20/06/2018	7.00	10.90	4.90	77.50	11.30	NNW	37.0	1022.80	0.0	6412.00	2.20
21/06/2018	7.00	11.40	2.20	70.0	12.6	NW	45.1	1023.2	0.0	12033.00	3.7
22/06/2018	7.0	11.60	3.80	75.9	11.10	NW	46.7	1023.6	0.0	11489.0	3.3
23/06/2018	7.3	12.10	4.7	73.4	11.4	NW	46.7	1023.9	0.0	9883.0	3.2
24/06/2018	7.7	13.8	5.1	80.1	7.30	NNW	24.1	1022.9	0.0	9269.0	2.7
MÁX	8.30	13.80	6.10	88.31	16.80		77.20	1026.70	11.60	12263.00	4.00
MÍN	6.60	8.90	2.20	63.80	6.30		24.10	1020.80	0.00	3939.00	1.20
PROM	7.28	11.31	4.58	78.08	9.76		39.23	1023.55	1.09	8566.50	2.61

Tabla 6 DATOS AMBIENTALES

MES		TEMPERATURA (°C)			HUMEDA D	VIENTOS (km/h)		Presión Atm.	Precipita ción	Radiación Solar	EVAPOT RANSP
		PROM	MÁX	MÍN	(%)	V. prom	V.máx	(mbar)	(mm/día)	(W/m ²)	(mm/día)
ENERO	MÁX	10.9	15.2	8.1	95.2	11.6	45.1	644.0	12.8	13381.0	3.6
	MÍN	7.5	8.9	4.8	62.1	3.6	19.3	629.8	0.0	3047.0	0.9
	PROM	8.7	12.5	6.5	84.9	7.0	29.7	642.3	2.9	6817.6	2.0
FEBRERO	MÁX	9.8	14.1	7.9	95.8	12.9	61.2	644.2	25.6	9916.0	2.9
	MÍN	7.0	8.2	5.2	86.7	3.8	20.9	629.4	0.0	3245.0	0.9
	PROM	8.7	11.6	7.0	90.4	7.7	36.3	640.8	4.9	5445.1	1.5
MARZO	MÁX	10.2	14.3	8.1	91.5	13.4	49.9	644.9	22.6	13653.0	3.8
	MÍN	7.2	9.2	5.2	80.8	3.9	22.5	642.7	0.0	457.0	0.3
	PROM	9.0	12.5	7.0	86.6	7.8	34.3	643.7	4.0	7087.4	2.1
ABRIL	MÁX	10.1	14.2	7.7	90.8	12.6	53.1	1021.4	14.8	13047.0	3.9
	MÍN	8.0	10.2	5.1	78.7	3.9	17.7	643.8	0.0	3945.0	1.1
	PROM	9.0	12.5	6.9	85.8	7.7	34.2	986.5	2.9	7265.9	2.2
MAYO	MÁX	9.9	14.1	7.2	92.2	14.6	56.3	1023.3	10.8	12368.0	3.7
	MÍN	7.9	10.6	3.8	67.2	2.3	16.1	1019.2	0.0	3649.0	0.8
	PROM	8.6	12.6	6.0	83.3	9.0	36.4	1021.3	0.9	8151.8	2.4
JUNIO	MÁX	8.3	13.8	6.1	88.3	16.8	77.2	1026.7	11.6	12263.0	4.0
	MÍN	6.6	8.9	2.2	63.8	6.3	24.1	1020.8	0.0	3939.0	1.2
	PROM	7.3	11.3	4.6	78.1	9.8	39.2	1023.6	1.1	8566.5	2.6
RESULT.	MÁX	10.9	15.2	8.1	95.8	16.8	77.2	1026.7	25.6	13653.0	4.0
	MÍN	6.6	8.2	2.2	62.1	2.3	16.1	629.4	0.0	457.0	0.3
	PROM	7.3	11.3	4.6	78.1	7.0	29.7	640.8	0.9	5445.1	1.5

Tabla 7 RESUMEN DE DATOS AMBIENTALES

En los cuadros descritos se muestran: las temperaturas, los porcentajes de humedad, las diferentes velocidades de vientos, las presiones atmosféricas, las radiaciones solares y las evaporaciones, de los meses indicados los que en parte se emplearon como factores erráticos.

c) Factores de equipo

Para evitar los errores en equipos la empresa cuenta con un plan de mantenimiento preventivo de equipos semestralmente.

3.3.1.1 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Las técnicas empleadas en la solución de corrección de los factores erráticos están referidos a técnicas estadísticas, fundamentalmente, técnicas de tendencia central y dispersión.

Procesos de cálculos previos a la obtención de resultados generales

Se realizaron cálculos de desplazamiento Horizontal y desplazamiento vertical empleando las siguientes formulas:

$$\Delta HORIZONTAL = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Donde:

$x_2 =$ *Coordenada Este final*

$x_1 =$ *Coordenada Este inicial*

$y_2 =$ *Coordenada Norte final*

$y_1 =$ *Coordenada Norte inicial*

$$\Delta VERTICAL = z_2 - z_1$$

Donde:

$z_2 =$ *Coordenada de Elevación final*

$z_1 =$ *Coordenada de Elevación inicial*

Tal como se muestran en los cuadros de datos del Prisma CE-01 de DME Cienaga.

	Fecha	hora	Coordenadas			Desplazamiento	
	(m/d/yy)	(hh:mm:ss)	Este	Norte	Elevación	Δ HORIZONTAL (cm)	Δ VERTICAL (cm)
00	22 Set 16	10:00:00 a. m.	754469.6498	9255835.6532	3772.7219		
01	24 Set 16	10:00:00 a. m.	754469.6456	9255835.6515	3772.7216	0.453	-0.030
02	25 Set 16	6:00:00 p. m.	754469.6458	9255835.6518	3772.7187	0.036	-0.290
03	26 Set 16	11:40:00 a. m.	754469.6412	9255835.6515	3772.7177	0.461	-0.100
04	27 Set 16	9:30:00 a. m.	754469.6430	9255835.6532	3772.7156	0.248	-0.210
05	29 Set 16	10:30:00 a. m.	754469.6435	9255835.6545	3772.7139	0.139	-0.170
06	30 Set 16	9:00:00 a. m.	754469.6454	9255835.6579	3772.7154	0.389	0.150
07	1 Oct 16	4:30:00 p. m.	754469.6427	9255835.6552	3772.7136	0.382	-0.180
08	2 Oct 16	4:00:00 p. m.	754469.6435	9255835.6555	3772.7177	0.085	0.410
09	4 Oct 16	9:30:00 a. m.	754469.6434	9255835.6556	3772.7178	0.014	0.010
10	7 Oct 16	3:00:00 p. m.	754469.6425	9255835.6550	3772.7174	0.108	-0.040
11	8 Oct 16	10:00:00 a. m.	754469.6428	9255835.6546	3772.7176	0.050	0.020
12	9 Oct 16	4:00:00 p. m.	754469.6431	9255835.6550	3772.7175	0.050	-0.010
13	15 Oct 16	11:30:00 a. m.	754469.6425	9255835.6558	3772.7170	0.100	-0.050
14	16 Oct 16	9:00:00 a. m.	754469.6427	9255835.6543	3772.7170	0.151	0.000
15	18 Oct 16	3:30:00 p. m.	754469.6426	9255835.6540	3772.7169	0.032	-0.010
16	19 Oct 16	4:00:00 p. m.	754469.6425	9255835.6536	3772.7160	0.041	-0.090
17	20 Oct 16	10:00:00 a. m.	754469.6435	9255835.6551	3772.7145	0.180	-0.150
18	24 Oct 16	10:30:00 a. m.	754469.6444	9255835.6541	3772.7159	0.135	0.140
19	25 Oct 16	10:00:00 a. m.	754469.6435	9255835.6539	3772.7159	0.092	0.000
20	3 Nov 16	4:00:00 p. m.	754469.6416	9255835.6456	3772.7148	0.851	-0.110
21	7 Nov 16	3:00:00 p. m.	754469.6435	9255835.6479	3772.7145	0.298	-0.030
22	11 Nov 16	9:00:00 a. m.	754469.6433	9255835.6459	3772.7141	0.201	-0.040
23	17 Nov 16	9:30:00 a. m.	754469.6440	9255835.6454	3772.7136	0.086	-0.050
24	23 Nov 16	4:30:00 p. m.	754469.6402	9255835.6413	3772.7126	0.559	-0.100
25	28 Nov 16	9:00:00 a. m.	754469.6409	9255835.6414	3772.7116	0.071	-0.100
26	1 Dic 16	10:00:00 a. m.	754469.6442	9255835.6437	3772.7120	0.402	0.040
27	6 Dic 16	9:00:00 a. m.	754469.6447	9255835.6434	3772.7116	0.058	-0.040
28	21 Dic 16	11:00:00 a. m.	754469.6457	9255835.6368	3772.7089	0.668	-0.270
29	26 Dic 16	3:00:00 p. m.	754469.6483	9255835.6377	3772.7087	0.275	-0.020
30	29 Dic 16	11:00:00 a. m.	754469.6479	9255835.6366	3772.7080	0.117	-0.070
31	2 Ene 17	9:00:00 a. m.	754469.6457	9255835.6345	3772.7080	0.304	0.000
32	8 Ene 17	3:00:00 p. m.	754469.6586	9255835.6378	3772.7304	1.332	2.240
33	13 Ene 17	4:00:00 p. m.	754469.6521	9255835.6346	3772.7280	0.724	-0.240
34	16 Ene 17	10:00:00 a. m.	754469.6507	9255835.6347	3772.7242	0.140	-0.380
35	21 Ene 17	9:00:00 a. m.	754469.6486	9255835.6386	3772.7173	0.443	-0.690
36	25 Ene 17	11:00:00 a. m.	754469.6507	9255835.6338	3772.7123	0.524	-0.500
37	30 Ene 17	10:30:00 a. m.	754469.6489	9255835.6372	3772.7048	0.385	-0.750
38	21 Feb 17	10:00:00 a. m.	754469.6475	9255835.6383	3772.7311	0.178	2.630
39	2 Mar 17	9:30:00 a. m.	754469.6513	9255835.6463	3772.7221	0.886	-0.900
40	8 Mar 17	9:00:00 a. m.	754469.6481	9255835.6476	3772.7152	0.345	-0.690
41	17 Mar 17	10:30:00 a. m.	754469.6536	9255835.6626	3772.7062	1.598	-0.900
42	23 Mar 17	11:00:00 a. m.	754469.6569	9255835.6418	3772.7114	2.106	0.520
43	10 Abr 17	10:00:00 a. m.	754469.6531	9255835.6408	3772.7185	0.393	0.710
44	20 Abr 17	11:30:00 a. m.	754469.6535	9255835.6407	3772.7035	0.041	-1.500
45	26 Abr 17	10:30:00 a. m.	754469.6537	9255835.6410	3772.7036	0.036	0.010
46	1 May 17	2:30:00 p. m.	754469.6537	9255835.6391	3772.7014	0.190	-0.220
47	17 May 17	8:00:00 a. m.	754469.6596	9255835.6440	3772.6998	0.767	-0.160
48	22 May 17	10:03:00 a. m.	754469.6513	9255835.6370	3772.6992	1.086	-0.060
49	26 May 17	9:00:00 a. m.	754469.6471	9255835.6369	3772.6989	0.420	-0.030
50	29 May 17	10:00:00 a. m.	754469.6459	9255835.6369	3772.6992	0.120	0.030
51	6 Jun 17	9:00:00 a. m.	754469.6473	9255835.6382	3772.6981	0.191	-0.110
52	13 Jun 17	11:00:00 a. m.	754469.6489	9255835.6385	3772.6971	0.163	-0.100
53	16 Jun 17	10:30:00 a. m.	754469.6513	9255835.6406	3772.6967	0.319	-0.040
54	22 Jun 17	10:00:00 a. m.	754469.6555	9255835.6448	3772.6964	0.594	-0.030
55	26 Jun 17	9:00:00 a. m.	754469.6590	9255835.6443	3772.6956	0.354	-0.080

	Fecha	hora	Coordenadas			Desplazamiento	
	(m/d/yy)	(hh:mm:ss)	Este	Norte	Elevación	Δ HORIZONTAL (cm)	Δ VERTICAL (cm)
56	27 Jun 17	3:30:00 p. m.	754469.6633	9255835.6513	3772.6961	0.822	0.050
57	3 Jul 17	9:00:00 a. m.	754469.6635	9255835.6516	3772.6960	0.036	-0.010
58	4 Jul 17	4:00:00 p. m.	754469.6635	9255835.6521	3772.6960	0.050	0.000
59	6 Jul 17	8:00:00 a. m.	754469.6643	9255835.6531	3772.6958	0.128	-0.020
60	12 Jul 17	8:00:00 a. m.	754469.6627	9255835.6520	3772.6955	0.194	-0.030
61	19 Jul 17	10:00:00 a. m.	754469.6643	9255835.6512	3772.6970	0.179	0.150
62	4 Ago 17	9:00:00 a. m.	754469.6622	9255835.6533	3772.6946	0.297	-0.240
63	11 Ago 17	10:00:00 a. m.	754469.6612	9255835.6529	3772.6788	0.108	-1.580
64	12 Ago 17	10:00:00 a. m.	754469.6688	9255835.6523	3772.6854	0.762	0.660
65	13 Ago 17	10:00:00 a. m.	754469.6614	9255835.6526	3772.6866	0.741	0.120
66	23 Ago 17	2:30:00 p. m.	754469.6597	9255835.6535	3772.6883	0.192	0.170
67	24 Ago 17	9:00:00 a. m.	754469.6615	9255835.6531	3772.6894	0.184	0.110
68	28 Ago 17	5:00:00 p. m.	754469.6611	9255835.6542	3772.6886	0.117	-0.080
69	29 Ago 17	9:00:00 a. m.	754469.6600	9255835.6542	3772.6883	0.110	-0.030
70	31 Ago 17	3:00:00 p. m.	754469.6611	9255835.6564	3772.6896	0.246	0.130
71	4 Set 17	10:00:00 a. m.	754469.6597	9255835.6564	3772.6881	0.140	-0.150
72	6 Set 17	3:00:00 p. m.	754469.6602	9255835.6557	3772.6880	0.086	-0.010
73	11 Set 17	9:30:00 a. m.	754469.6596	9255835.6536	3772.6879	0.218	-0.010
74	13 Set 17	8:30:00 a. m.	754469.6596	9255835.6540	3772.6878	0.040	-0.010
75	18 Set 17	3:30:00 p. m.	754469.6646	9255835.6453	3772.6762	1.003	-1.160
76	20 Set 17	8:30:00 a. m.	754469.6638	9255835.6448	3772.6762	0.094	0.000
77	22 Set 17	8:00:00 a. m.	754469.6647	9255835.6453	3772.6762	0.103	0.000
78	25 Set 17	9:00:00 a. m.	754469.6656	9255835.6447	3772.6760	0.108	-0.020
79	29 Set 17	8:00:00 a. m.	754469.6643	9255835.6437	3772.6760	0.164	0.000
80	2 Oct 17	9:00:00 a. m.	754469.665	9255835.646	3772.675	0.292	-0.100
81	9 Oct 17	4:00:00 p. m.	754469.662	9255835.650	3772.676	0.538	0.140
82	12 Oct 17	8:00:00 a. m.	754469.659	9255835.648	3772.677	0.340	0.040
83	27 Oct 17	10:00:00 a. m.	754469.666	9255835.645	3772.674	0.788	-0.250
84	27 Oct 17	4:00:00 p. m.	754469.667	9255835.647	3772.675	0.237	0.020
85	30 Oct 17	10:00:00 a. m.	754469.667	9255835.647	3772.674	0.045	-0.020
86	31 Oct 17	9:00:00 a. m.	754469.665	9255835.645	3772.674	0.236	-0.050
87	31 Oct 17	5:00:00 p. m.	754469.665	9255835.645	3772.674	0.014	0.000
88	6 Nov 17	10:00:00 a. m.	754469.668	9255835.648	3772.674	0.347	0.060
89	9 Nov 17	8:30:00 a. m.	754469.667	9255835.647	3772.674	0.089	-0.020
90	13 Nov 17	10:30:00 a. m.	754469.667	9255835.647	3772.675	0.071	0.040
91	16 Nov 17	5:30:00 p. m.	754469.669	9255835.648	3772.674	0.233	-0.030
92	30 Nov 17	9:30:00 a. m.	754469.666	9255835.650	3772.675	0.298	0.070
93	12 Dic 17	9:30:00 a. m.	754469.666	9255835.650	3772.676	0.020	0.060
94	27 Dic 17	8:30:00 a. m.	754469.665	9255835.648	3772.674	0.255	-0.120
95	2 Ene 18	9:30:00 a. m.	754469.665	9255835.648	3772.674	0.036	-0.020
96	16 Ene 18	10:00:00 a. m.	754469.665	9255835.649	3772.673	0.054	-0.080
97	23 Ene 18	9:00:00 a. m.	754469.665	9255835.648	3772.675	0.022	0.120
98	31 Ene 18	7:30:00 a. m.	754469.664	9255835.647	3772.675	0.191	0.020
99	8 Feb 18	9:00:00 a. m.	754469.663	9255835.647	3772.674	0.146	-0.080
100	9 Mar 18	8:30:00 a. m.	754469.664	9255835.649	3772.674	0.255	0.030
101	15 Mar 18	8:00:00 a. m.	754469.665	9255835.650	3772.675	0.125	0.090
102	28 Mar 18	7:30:00 a. m.	754469.664	9255835.651	3772.675	0.125	-0.050
103	15 Abr 18	8:00:00 a. m.	754469.669	9255835.648	3772.673	0.581	-0.130
104	24 Abr 18	8:30:00 a. m.	754469.667	9255835.647	3772.673	0.158	0.000
105	17 May 18	9:30:00 a. m.	754469.670	9255835.647	3772.673	0.280	-0.020
106	22 May 18	9:30:00 a. m.	754469.669	9255835.647	3772.673	0.124	0.000
107	29 May 18	4:00:00 p. m.	754469.670	9255835.648	3772.672	0.155	-0.130
108	2 Jun 18	2:30:00 p. m.	754469.671	9255835.648	3772.673	0.122	0.060
109	19 Jun 18	9:00:00 a. m.	754469.669	9255835.651	3772.672	0.319	-0.070
110	23 Jun 18	8:00:00 a. m.	754469.670	9255835.651	3772.671	0.080	-0.050
111	29 Jun 18	11:00:00 a. m.	754469.668	9255835.648	3772.672	0.376	0.040
112	3 Jul 18	8:00:00 a. m.	754469.669	9255835.650	3772.671	0.239	-0.030

Tabla 8 DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL Y VERTICAL

Una vez obtenido los resultados de desplazamientos horizontal y vertical, para el análisis de factores erráticos se ha considerado realizar los análisis por separado, porque los desplazamientos verticales están afectos a factores de asentamiento de los componentes (PAD y DME), empleando para ello la medida de dispersión denominado desviación estándar, obteniendo los siguientes resultados:

	Δ HORIZONTAL (cm)	Δ VERTICAL (cm)
PROMEDIO	0.301	-0.045
DESVIACION ESTANDAR	0.330	0.460
LIMITE MAXIMO	0.631	0.415
LIMITE MINIMO	-0.030	-0.505

Tabla 9 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Los resultados obtenidos nos indica el promedio del desplazamiento horizontal y vertical, principalmente nos indica la desviación estándar que servirá como referencia para la aplicación del Trigger en el programa. También se observa la incidencia que tuvo el factor de asentamiento del componente en el desplazamiento vertical.

En las grafica de desviación estándar de desplazamiento horizontal y vertical adjunto, muestra los límites máximos y mínimos, en los que se genera el rango de datos que no serán procesados por verse afectado a factores erráticos.

El límite máximo es la sumatoria del promedio más la desviación estándar y el límite mínimo es la resta del promedio con la desviación estándar.

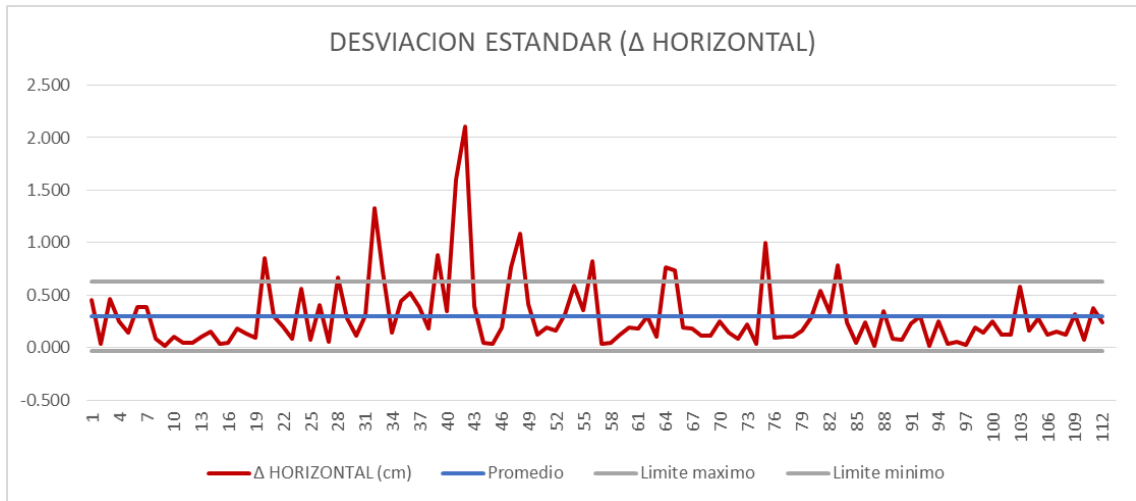


GRÁFICO 3 DESVIACIÓN ESTÁNDAR (DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL)

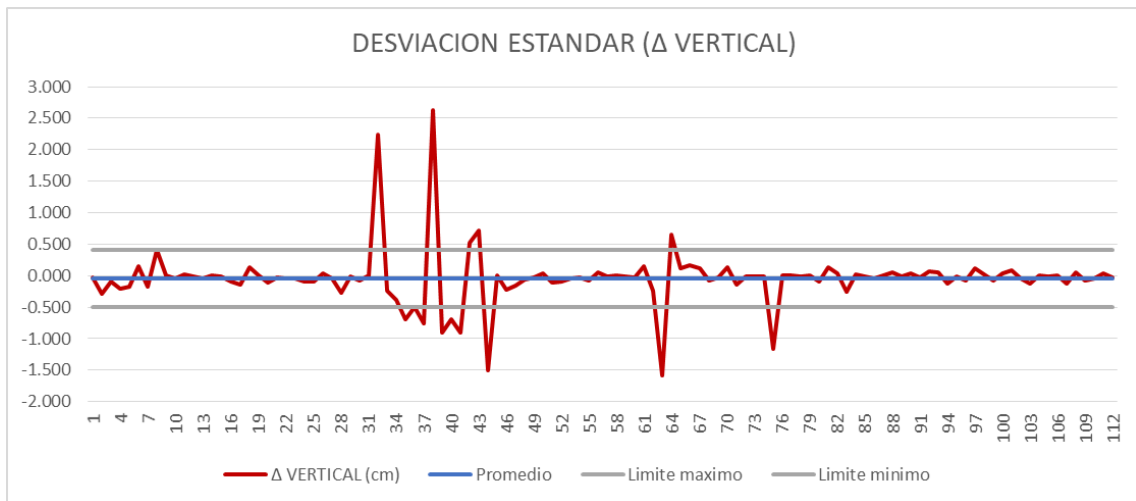


GRÁFICO 4 DESVIACIÓN ESTÁNDAR (DESPLAZAMIENTO VERTICAL)

3.3.2 CONSIDERACIÓN ANALÍTICAS PARA GRAFICAS DE DESPLAZAMIENTO

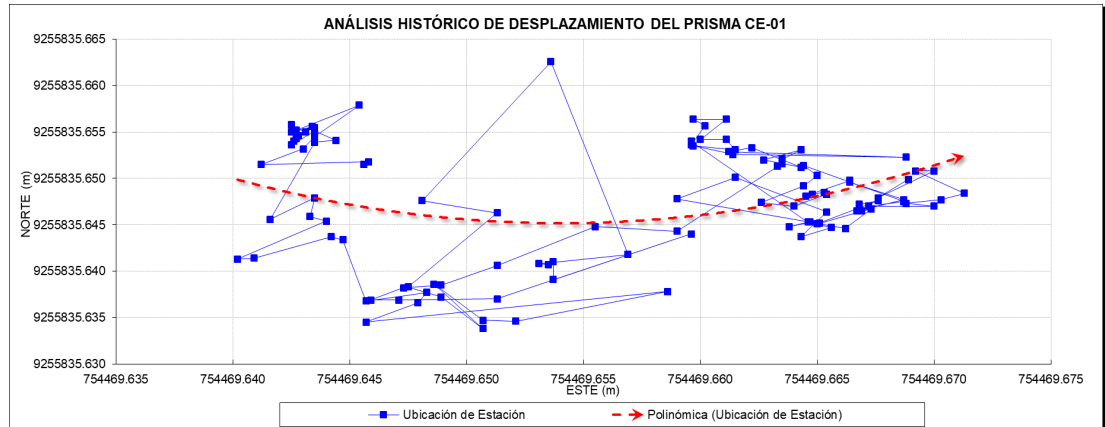


GRÁFICO 5 DESPLAZAMIENTO SIN LIMITE CIRCULAR

En el cuadro mostrado no se observa el límite circular de influencia del movimiento, motivo por el cual se recurre a la geometría analítica para generar el límite mencionado.

En nuestro caso se trata de representar gráficamente círculos cuya lectura inicial se ubica en la parte central, y por medio de un vector resultante indica la lectura final, mostrando también la trayectoria del desplazamiento diario.

El radio (R) del límite de influencia circular está ligado al siguiente cuadro índice de velocidad del desplazamiento diario (cm/día).

Descripción	cm/día
Estable	< 0.1
Observación	0.1 - 0.3
Potencial inestable	0.3 - 1.0
Posible Inestable	1.0 - 2.5
Inestable	> 2.5

Tabla 10 LIMITES DE VELOCIDADES

Para la obtención de la circunferencia se determinó la conversión de grados sexagesimales a radianes para hallar las coordenadas x y, mediante un gráfico de dispersión en una hoja de cálculo, de la siguiente forma:

Radio	0.001			
X INICIAL	754612.18			
Y INICIAL	9255834.45			
Angulo	Radio	Angulos en radianes	Valor X	Valor Y
0	0.001	0	754612.181	9255834.45
1	0.001	0.017	754612.181	9255834.45
2	0.001	0.035	754612.181	9255834.45
3	0.001	0.052	754612.181	9255834.45
4	0.001	0.070	754612.181	9255834.45
5	0.001	0.087	754612.181	9255834.45
6	0.001	0.105	754612.181	9255834.45
7	0.001	0.122	754612.181	9255834.45
8	0.001	0.140	754612.181	9255834.45
9	0.001	0.157	754612.181	9255834.45
10	0.001	0.175	754612.181	9255834.45
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
360	0.001	6.283	754612.181	9255834.45

Tabla 11 PUNTOS DE DISPERSIÓN DEL LIMITE CIRCULAR DE INFLUENCIA DEL MOVIMIENTO

Para el cálculo del punto de dispersión, se multiplica el radio por el coseno del ángulo y el radio por el seno del mismo ángulo, obteniendo gráficamente puntos de dispersión en forma circular como a continuación se observa:

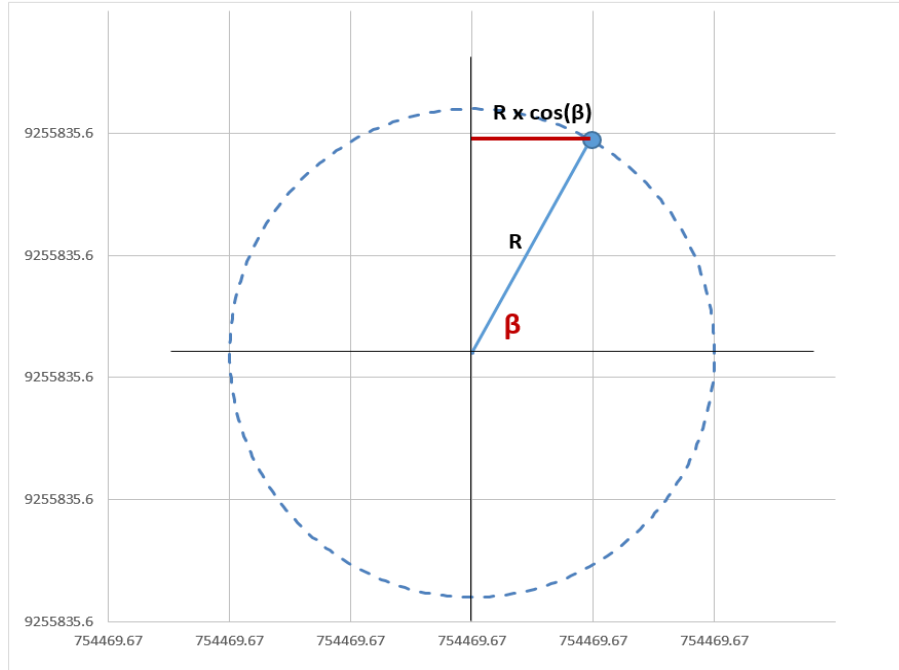


GRÁFICO 6 PUNTO DE DISPERSIÓN ($R \times \cos(\beta)$; Y)

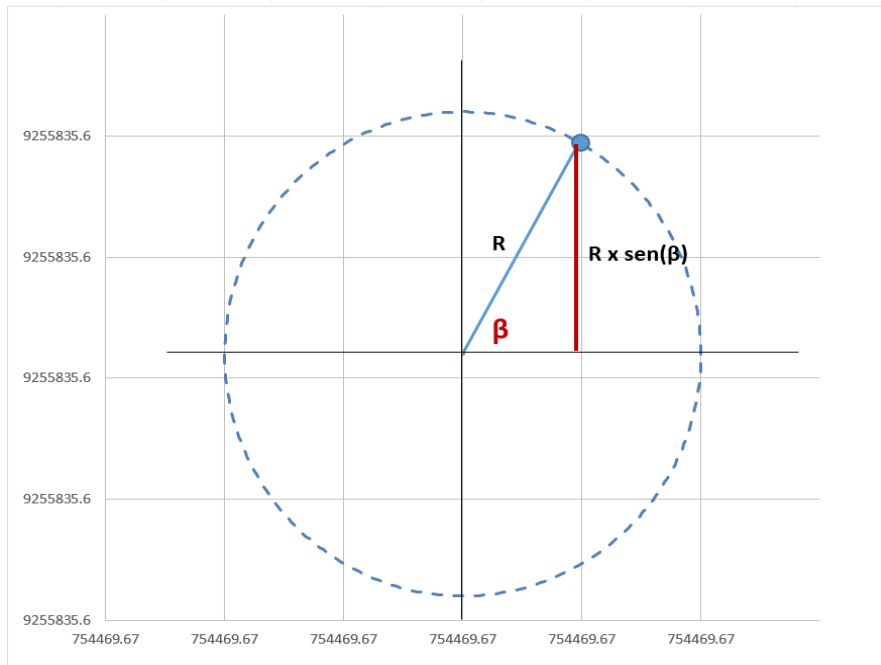


GRÁFICO 7 PUNTO DE DISPERSIÓN (X ; $R \times \text{SEN}(\beta)$)

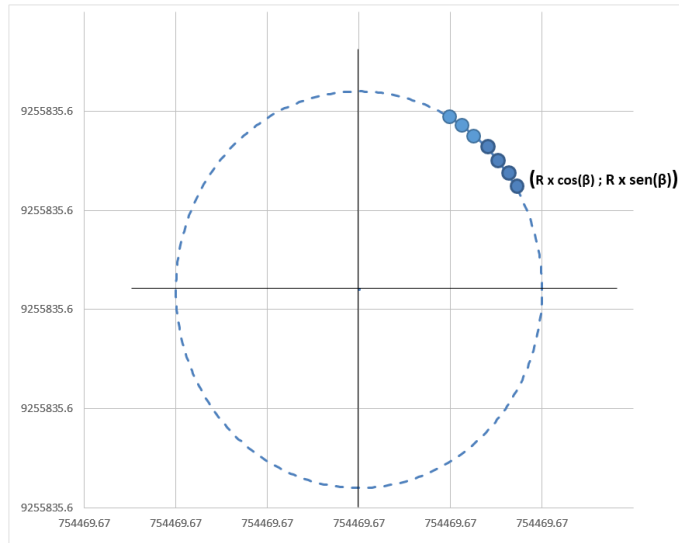


GRÁFICO 8 PUNTO DE DISPERSIÓN ($R \times \cos(\beta)$; $R \times \text{SEN}(\beta)$)

En el siguiente grafico muestra los 4 límite de influencia circular con radios de 0.1 cm, 0.3 cm, 1.0 cm y 2.5 cm, conjuntamente con el análisis diario del prisma CE-28 DME CN. El vector resultante muestra la posible inestabilidad del componente monitoreado.

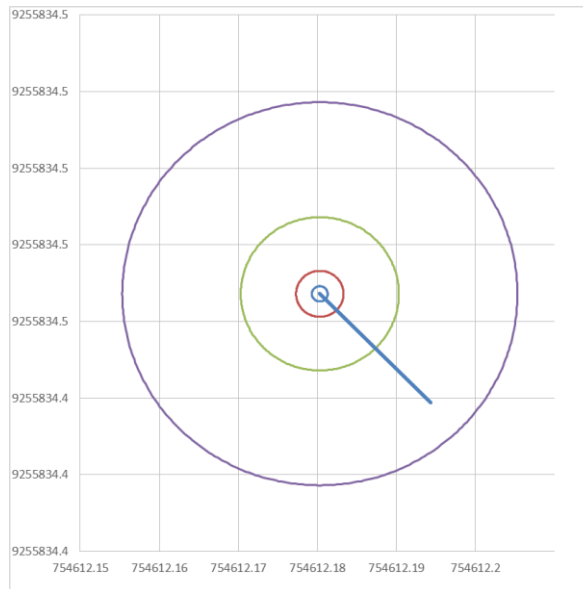


GRÁFICO 9 4 LÍMITE DE INFLUENCIA CIRCULAR CON RADIOS DE 0.1 CM, 0.3 CM, 1.0 CM Y 2.5 CM

3.4 ELABORACIÓN DEL PROGRAMA

Para la elaboración del programa se ha tomado en cuenta lo siguiente:

Se ha tenido que crear 5 hojas de cálculo habilitada para macros que son:

3.4.1 DATA GENERAL

Esta hoja se ha almacenado datos de diferentes prismas relacionados a un solo componente, incluyendo datos del año 2016.

ESTE	NORTE	ELEVACIÓN	Punto controlado:	FECHA	HORA
754469.6498	9255835.6532	3772.7219	CE-01	22/09/2016	10:00:00 a. m.
754469.6456	9255835.6515	3772.7216	CE-01	24/09/2016	10:00:00 a. m.
754469.6458	9255835.6518	3772.7187	CE-01	25/09/2016	6:00:00 p. m.
754469.6412	9255835.6515	3772.7177	CE-01	26/09/2016	11:40:00 a. m.
754469.6430	9255835.6532	3772.7156	CE-01	27/09/2016	9:30:00 a. m.
754469.6435	9255835.6545	3772.7139	CE-01	29/09/2016	10:30:00 a. m.
754469.6454	9255835.6579	3772.7154	CE-01	30/09/2016	9:00:00 a. m.
754469.6427	9255835.6552	3772.7136	CE-01	01/10/2016	4:30:00 p. m.
754469.6435	9255835.6555	3772.7177	CE-01	02/10/2016	4:00:00 p. m.
754469.6434	9255835.6556	3772.7178	CE-01	04/10/2016	9:30:00 a. m.
754469.6425	9255835.6550	3772.7174	CE-01	07/10/2016	3:00:00 p. m.
754469.6428	9255835.6546	3772.7176	CE-01	08/10/2016	10:00:00 a. m.
754469.6431	9255835.6550	3772.7175	CE-01	09/10/2016	4:00:00 p. m.
754469.6425	9255835.6558	3772.7170	CE-01	15/10/2016	11:30:00 a. m.
754469.6427	9255835.6543	3772.7170	CE-01	16/10/2016	9:00:00 a. m.
754469.6426	9255835.6540	3772.7169	CE-01	18/10/2016	3:30:00 p. m.
754469.6425	9255835.6536	3772.7160	CE-01	19/10/2016	4:00:00 p. m.
754469.6435	9255835.6551	3772.7145	CE-01	20/10/2016	10:00:00 a. m.
754469.6444	9255835.6541	3772.7159	CE-01	24/10/2016	10:30:00 a. m.
754469.6435	9255835.6539	3772.7159	CE-01	25/10/2016	10:00:00 a. m.
754469.6416	9255835.6456	3772.7148	CE-01	03/11/2016	4:00:00 p. m.
754469.6435	9255835.6479	3772.7145	CE-01	07/11/2016	3:00:00 p. m.
754469.6433	9255835.6459	3772.7141	CE-01	11/11/2016	9:00:00 a. m.
754469.6440	9255835.6454	3772.7136	CE-01	17/11/2016	9:30:00 a. m.
754469.6402	9255835.6413	3772.7126	CE-01	23/11/2016	4:30:00 p. m.
754469.6409	9255835.6414	3772.7116	CE-01	28/11/2016	9:00:00 a. m.
754469.6442	9255835.6437	3772.7120	CE-01	01/12/2016	10:00:00 a. m.
754469.6447	9255835.6434	3772.7116	CE-01	06/12/2016	9:00:00 a. m.
754469.6457	9255835.6368	3772.7089	CE-01	21/12/2016	11:00:00 a. m.
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Tabla 12 DATA GENERAL

3.4.2 DATA PRELIMINAR

La hoja contiene data filtrada por prisma, para una información preliminar de desplazamiento, azimut y velocidad, dicha información está desarrollada con datos si haber sido procesados ni condicionados con el trigger, como en el siguiente cuadro.

RESEA	Mes	SITE	NOTA	EBOCACION	UTIPRO	TIEMPO	Lectura	Lectura	Movimientos Incrementales						Velocidades Incrementales														
									AVORTE	AVORCONTRA	AVORCONTRA	AVORCONTRA	AVORCONTRA	AVORCONTRA	AVORTE	AVORCONTRA	AVORCONTRA	AVORCONTRA	AVORTE	AVORCONTRA	AVORCONTRA	AVORCONTRA							
							(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727290																										
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727296	2.00	2.00	1	4.4	-0.2	0.6	-0.0	0.6	2.48	-3.8	0.2	0.0	0.2	0.4	-0.0	0.6	2.48	-3.8	2.00	2.00	0.23					
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727302	1.33	1.33	2	1.0	0.0	-0.4	-0.2	0.2	3.4	-8.2	0.0	0.2	0.2	0.4	-0.2	0.6	2.51	-9.1	3.33	3.33	0.16					
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727307	0.71	0.71	3	4.5	0.0	0.4	-0.0	0.4	3.5	-12.2	0.5	0.4	0.6	0.8	-0.4	0.8	2.9	-3.5	4.0	4.0	0.04					
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727313	0.92	0.92	4	0.2	0.2	0.2	-0.2	0.2	4.7	-4.0	0.7	0.3	0.3	0.6	-0.6	0.6	2.7	-4.0	4.96	4.96	0.19					
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727319	2.04	2.04	5	0.0	0.1	0.1	-0.1	0.2	2.1	-9.0	0.0	0.0	0.1	0.4	-0.0	0.8	2.0	-5.1	7.00	7.00	0.15					
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727324	0.95	0.95	6	0.2	0.3	0.2	0.1	0.4	2.9	-11.1	0.4	0.4	0.6	0.4	-0.6	0.9	3.0	-6.3	7.95	7.95	0.11					
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727329	1.29	1.29	7	4.3	-0.3	0.3	-0.3	0.4	2.5	-25.1	0.0	0.4	0.3	0.7	-0.0	1.1	2.6	-8.4	9.25	9.25	0.12	0.08				
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727335	1.00	1.00	8	0.1	0.0	0.0	0.4	0.4	0.8	7.2	0.0	0.4	0.4	0.5	-0.2	0.7	2.9	-3.1	10.25	10.25	0.08	0.04				
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727340	1.71	1.71	9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	-3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.4	0.0	2.9	-3.0	11.95	11.95	0.07	0.09				
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727346	3.25	3.25	10	-0.1	-0.1	-0.0	-0.0	0.2	2.6	-2.0	0.0	0.0	0.4	0.5	-0.4	0.8	2.9	-3.9	15.20	15.20	0.06	0.05				
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727351	0.75	0.75	11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	4.5	2.8	0.6	0.0	0.0	0.1	-0.0	0.0	2.0	-3.1	16.00	16.00	0.05	0.00				
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727356	1.25	1.25	12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	-0.0	3.7	-11.3	0.4	0.0	0.4	0.6	-0.4	0.0	2.6	-3.4	17.25	17.25	0.05	0.04			
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727361	5.79	5.79	13	23.4	1.3	-0.1	0.0	-0.5	0.1	3.3	-26.6	0.0	0.0	0.0	0.7	-0.4	0.9	2.9	-3.3	23.04	23.04	0.04	0.02			
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727367	0.92	0.92	14	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.5	0.7	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	-0.4	0.0	2.9	-3.4	23.95	23.95	0.04	0.05				
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727373	2.25	2.25	15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.8	-1.5	0.0	0.0	0.0	0.7	-0.0	0.8	2.6	-3.6	26.20	26.20	0.03	0.07				
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727378	1.04	1.04	16	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	9.4	-6.4	0.4	0.0	0.0	0.9	-0.0	0.4	2.9	-3.9	27.25	27.25	0.03	0.02				
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727383	0.75	0.75	17	0.1	0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.2	3.4	-3.6	0.4	0.3	0.3	0.6	-0.4	0.9	2.6	-4.4	28.00	28.00	0.04	0.06			
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727389	4.00	4.00	18	0.1	-0.1	0.3	0.4	0.4	3.8	4.1	0.0	0.0	0.0	0.5	-0.6	0.0	2.9	-4.6	32.00	32.00	0.03	0.00				
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727394	1.00	1.00	19	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.6	-0.6	0.0	2.6	-5.4	33.00	33.00	0.03	0.00				
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727400	9.25	9.25	20	-0.2	-0.4	0.0	-0.1	0.6	9.5	-1.4	0.0	0.0	0.0	0.9	1.0	-0.7	1.3	2.0	-3.4	42.25	42.25	0.03	0.08			
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727405	3.95	3.95	21	0.2	0.2	0.2	-0.0	0.3	4.0	-5.7	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	-0.4	1.1	2.3	-4.0	45.20	45.20	0.02	0.08			
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727411	3.75	3.75	22	0.0	-0.2	0.0	-0.4	0.0	3.6	-11.3	0.5	0.0	0.0	0.8	-0.8	1.5	2.2	-3.6	49.95	49.95	0.02	0.00				
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727416	6.00	6.00	23	0.1	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	3.2	-3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	1.8	2.0	-4.0	55.95	55.95	0.02	0.08			
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727422	6.25	6.25	24	-0.4	-0.4	0.5	-0.1	0.7	2.3	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.9	1.5	-0.3	1.9	2.9	-3.3	62.25	62.25	0.02	0.04			
20080701 a.m.	75483580	925505150	3727427	4.71	4.71	25	0.1	0.0	0.0	-0.0	0.2	8.2	-5.4	0.0	0.0	0.0	1.0	-1.0	1.0	2.0	-3.4	66.95	66.95	0.02	0.08				

Tabla 13 DATA PRELIMINAR

3.4.3 DATA PROCESADA

En esta hoja se elabora la codificación correspondiente al programa, tomando en cuenta el Trigger como condicionante fundamental.

La codificación se ordena en dos módulos dentro del VBA (Visual Basic para aplicaciones), el primer módulo se codifica el proceso de todas las condicionante de la siguiente manera para luego hacer que el proceso ejecute en circuito cerrado un conjunto de instrucciones hasta que se cumpla la condición que hayamos especificado:

La variable

```
' Diario
x0 = Cells(10, 6).Value
y0 = Cells(10, 7).Value
z0 = Cells(10, 8).Value
v0 = 0
t0 = 1

' Acumulado
x1 = Cells(10, 6).Value
y1 = Cells(10, 7).Value
z1 = Cells(10, 8).Value
v1 = 0
t1 = 1
```

El bucle For-Next (Ciclos)

```
For j = 10 To 1010

    'CONDICION

Next
```

Condición para el análisis diario

```
If Cells(j, 16).Value <> "" Then

    *****
    ' DIARIOS x0
    *****
    If Cells(j, 16).Value = "NO" Then      'X,Y - Horizontal

        Cells(j, 25).Value = x0
        Cells(j, 26).Value = y0

    Else

        x0 = Cells(j, 6).Value + (Cells(j, 9).Value / 100)
        y0 = Cells(j, 7).Value + (Cells(j, 10).Value / 100)

        Cells(j, 25).Value = x0
        Cells(j, 26).Value = y0

    End If

    *****

    If Cells(j, 17).Value = "NO" Then      'Z - Vertical

        Cells(j, 27).Value = z0

    Else

        z0 = Cells(j, 8).Value + (Cells(j, 12).Value / 100)
        Cells(j, 27).Value = z0

    End If

    *****

    If Cells(j, 17).Value = "SI" Or Cells(j, 16).Value = "SI" Then

        Cells(j, 21).Value = Cells(j, 20).Value / t0
        t0 = t0 + 1
        v0 = Cells(j, 21).Value
    Else

        Cells(j, 21).Value = v0
        t0 = 1

    End If

End If
```

Condición para el análisis acumulado

```
If Cells(j, 36).Value <> "" Then|
'*****
' ACUMULADOS
'*****

  If Cells(j, 36).Value = "NO" Then      'X,Y - Horizontal

    Cells(j, 46).Value = x1
    Cells(j, 47).Value = y1

  Else

    x1 = Cells(j, 6).Value + (Cells(j, 29).Value / 100)
    y1 = Cells(j, 7).Value + (Cells(j, 30).Value / 100)

    Cells(j, 46).Value = x1
    Cells(j, 47).Value = y1

  End If

'*****

  If Cells(j, 37).Value = "NO" Then      'Z - Vertical

    Cells(j, 48).Value = z1

  Else

    z1 = Cells(j, 8).Value + (Cells(j, 32).Value / 100)
    Cells(j, 48).Value = z1

  End If

  If Cells(j, 36).Value = "SI" Or Cells(j, 37).Value = "SI" Then

    Cells(j, 41).Value = Cells(j, 40).Value / t1
    t1 = t1 + 1
    v1 = Cells(j, 41).Value

  Else

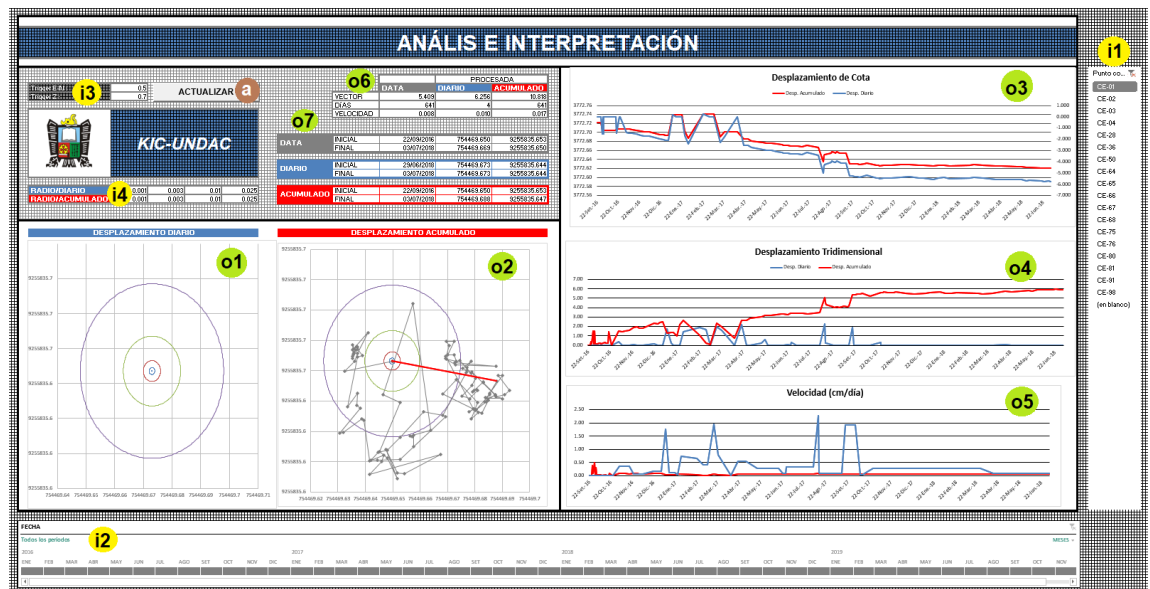
    Cells(j, 41).Value = v1
    t1 = 1

  End If

End If
```

3.4.4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Los análisis e interpretación de datos se realiza de acuerdo al cuadro adjunto donde los datos de ingreso (input) se muestran de color amarillo, comando de proceso de color guindo y los resultados (output) se muestran de color verde.



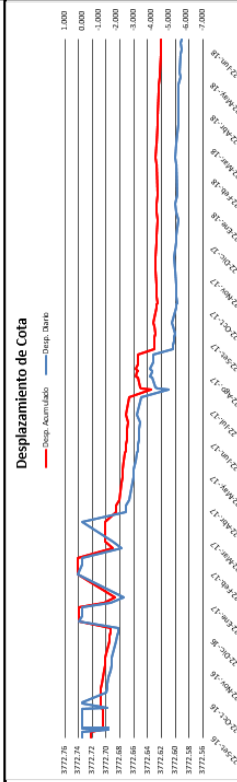
i1	Ubicación de los prismas del componente que se desea analizar e interpretar.
i2	Fechas que se desea monitorear.
i3	Condicionante (Trigger) horizontal (E-N) y vertical (Z).
i4	Radio del límite de influencia circular diario y acumulado.
a	Comando de actualización
o1	Gráfico de Desplazamiento Horizontal Diario.
o2	Gráfico de Desplazamiento Horizontal Acumulado.
o3	Gráfico de Desplazamiento Cota.
o4	Gráfico de Desplazamiento Tridimensional.
o5	Gráfico de Velocidad.
o6	Cuadro de resultados de vector, días de monitoreo y velocidad.
o7	Cuadro de coordenadas (E-N) inicial y final.

FIGURA 7 PROGRAMA DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Finalmente, los resultados obtenidos en el grafico son de un prisma y un tiempo seleccionados; el programa consiste al seleccionar prisma y tiempo relacionados a las condicionantes, al activar el comando de actualización obtenemos como resultado los cambios de los diferentes prismas en el tiempo seleccionado; como se observa en el grafico del diseño del programa siguiente.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

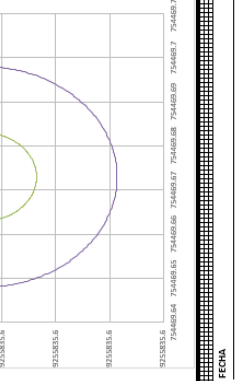
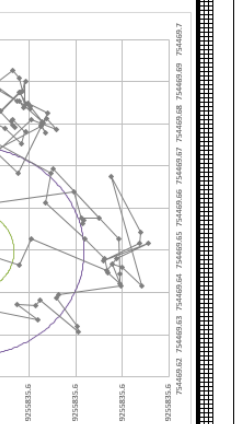
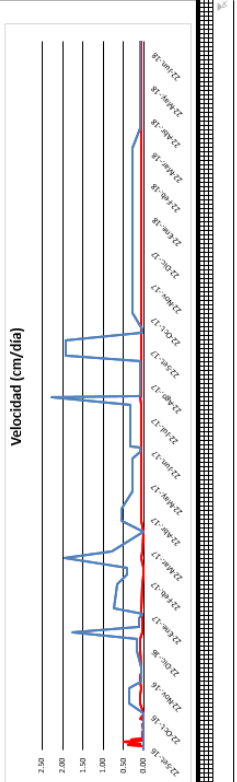
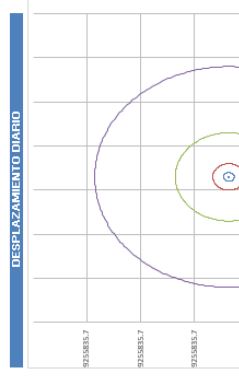
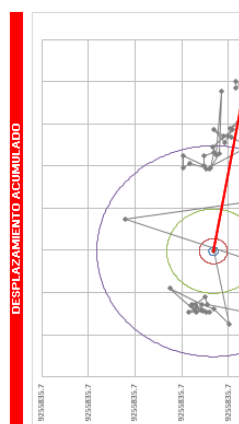
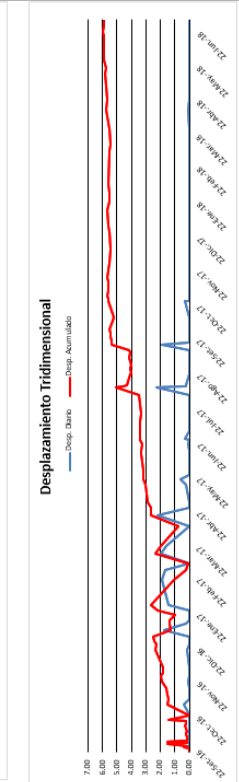
Punto co...
 CE-01
 CE-02
 CE-03
 CE-04
 CE-28
 CE-38
 CE-50
 CE-64
 CE-65
 CE-66
 CE-67
 CE-68
 CE-75
 CE-76
 CE-80
 CE-81
 CE-91
 CE-98
 (en blanco)



VELOCIDAD		DIARIO		PROCESADO		ACUMULADO	
VELOCIDAD	DIARIO	VELOCIDAD	DIARIO	VELOCIDAD	DIARIO	VELOCIDAD	DIARIO
6.41	6.41	0.008	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
0.007	0.007	0.008	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000

DATA	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
22/01/2018	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850
02/07/2018	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850
02/07/2018	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850
02/07/2018	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850	754483.850

RADIO DIARIO		RADIO ACUMULADO	
RADIO DIARIO	RADIO ACUMULADO	RADIO DIARIO	RADIO ACUMULADO
0.001	0.001	0.003	0.001
0.003	0.003	0.001	0.025



FECHA

Mostrar los periodos

2016

ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SET OCT NOV DIC

2017

ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SET OCT NOV DIC

2018

ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SET OCT NOV DIC

2019

ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL AGO SET OCT NOV

MESES

1

3.4.5 CONSOLIDADO

Del mismo modo se ha elaborado el programa exclusivamente para un componente, donde se obtienen los resultados consolidados en la siguiente hoja.

Esta hoja muestra graficas de posicionamiento horizontal diario y acumulado, donde se observa la situación de posicionamiento de los prismas en general donde se establece los radios del límite de influencia y determina cuál de los prismas ha sufrido mayor movimiento y a qué velocidad, asimismo en el consolidado puede realizar filtraciones de prismas que se desea que se muestre en la gráfica para su análisis e interpretación.

En el segundo campo muestra gráficos de desplazamiento tridimensional diario y acumulado, donde también se puede realizar filtraciones.

En el tercer campo muestra gráficos de velocidades diario y acumulado, también sujeto a las filtraciones deseadas.



FIGURA 8 PROGRAMA CONSOLIDADO

3.5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.5.1 ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTOS

3.5.1.1 HORIZONTAL

En el análisis de desplazamiento horizontal se muestra las coordenadas procesadas acorde al Trigger y mostradas en el gráfico de Análisis e Interpretación, muestra por separado graficas diarias y acumulación con sus respectivos colores de diferenciación, en el caso del analisis grafico diario nos muestra la circunferencia del límite de influencia.

CONDICIÓN	Descripción	cm/día	Acción a tomar
Normal	Estable	< 0.1	La operación se realiza normalmente.
	Observación	0.1 - 0.3	
Precaución	Potencial inestable	0.3 - 1.0	Inspección y monitoreo más frecuente.
	Posible Inestable	1.0 - 2.5	
Peligro	Inestable	> 2.5	Retirar a personal y equipos del área.

Tabla 14 ANÁLISIS DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL

3.5.1.2 VERTICAL

En el análisis de desplazamiento vertical se muestra las curvas diarias y acumuladas en un mismo grafico diferenciado por los colores correspondientes.

3.5.1.3 TRIDIMENSIONAL

El análisis de velocidad en la gráfica de desplazamiento tridimensional se determina la tasa de desplazamiento en talud y ayudar a predecir cuándo ocurrirá un colapso.

Dependiendo de las tensiones en el componente, las propiedades de los materiales, la estructura geológica y la manera cómo influyen los factores ambientales descritos, los gráficos de desplazamiento tridimensional muestran los patrones que son identificables por los profesionales involucrados en el control de taludes.

Por lo general, si un talud progresa hacia un colapso final, aumenta la tasa de desplazamiento.

La velocidad con respecto a la gráfica del desplazamiento tridimensional, del movimiento del componente acercándose o alejándose de la estación total, definida como la distancia en la cual se mueve el talud en un tiempo especificado, como se muestra en el grafico

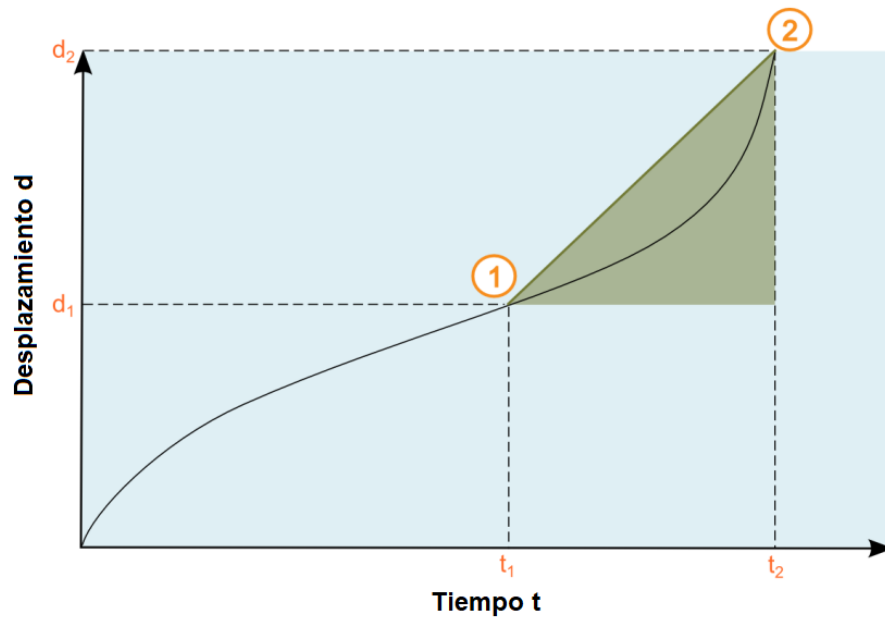


GRÁFICO 10 DESPLAZAMIENTO VS TIEMPO

La velocidad entre los tiempos t_1 y t_2 se representa con el ángulo del gráfico a partir de la línea horizontal y se calcula utilizando la Ecuación 1.

Ecuación 1

$$VELOCIDAD = \frac{CAMBIO EN DEFORMACIÓN}{CAMBIO EN TIEMPO}$$

$$VELOCIDAD = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}$$

En la siguiente grafico muestra este efecto. Cuanto más rápido se mueve el talud, más inclinado será el ángulo. Un período más corto

sigue el desplazamiento reciente de cerca, pero es más susceptible a factores erráticos pequeños que pueden no indicar la tendencia general. Un período de cálculo de velocidad más largo conlleva a un efecto estabilizador.

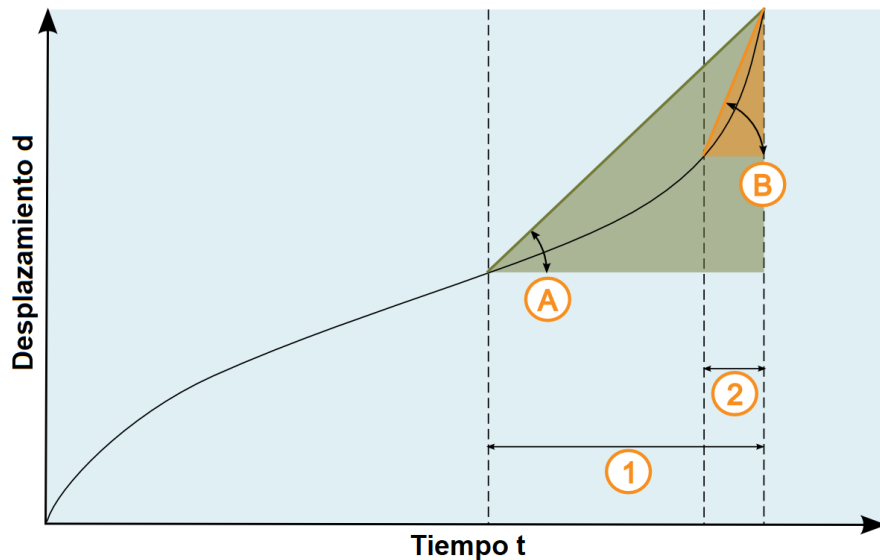


GRÁFICO 11 ANÁLISIS DE VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO VS TIEMPO

El período de cálculo afecta la velocidad: En este ejemplo simplificado, la velocidad (A) calculada durante el período (1) es menor que la velocidad (B) calculada durante el período (2).

NIVELES DE ALERTA

Para efectos del presente programa, los niveles de alerta estarán definidos por el análisis e interpretación de desplazamiento, la presencia de factores ambientales que puedan afectar la estabilidad y por los cambios de tendencia de que se puedan presentar en los

procesos de desplazamiento están relacionados a las siguientes curvas:

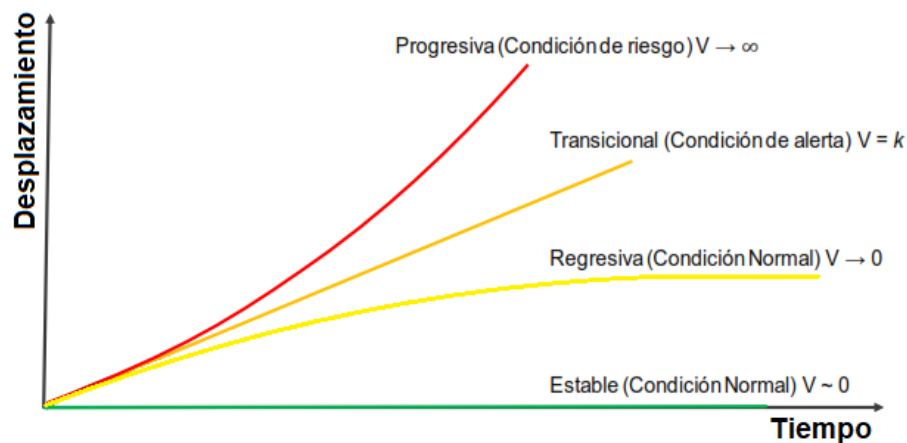


GRÁFICO 12 ANÁLISIS DE RESULTADOS DESPLAZAMIENTO VS TIEMPO

Resultado Estable (Condición Normal, curva verde)

No existe evidencia de procesos de desplazamiento significativos o persistentes y no se presentan condiciones ambientales desfavorables (precipitación, operaciones)

En esta condición Minera Coimolache no deberá adelantar un procedimiento de emergencia, pero si deberá permanecer atento a las comunicaciones que el programa emita sobre la evolución de las condiciones de desplazamiento en el sector. Igualmente se deberá informar al área de geotecnia sobre la aparición de condiciones que puedan afectar la estabilidad (precipitación, voladuras u otros trabajos).

Resultado de desplazamiento Regresivo (Condición Normal, curva amarilla)

Evidencia de procesos de desplazamiento significativos de tendencia regresiva con presencia de agentes operativos o ambientales que puedan afectar la estabilidad

En la presencia de alerta amarilla se informará la ubicación del prismas implicados y velocidad de desplazamiento. En esta condición Minera Coimolache no deberá adelantar ningún procedimiento de emergencia, pero si deberá permanecer atento al sector, e inspeccionar el sitio de interés. Igualmente se deberá informar al área de geotecnia sobre condiciones que puedan afectar la estabilidad (precipitación, voladuras u otros trabajos).

Resultado de desplazamiento Transicional (Condición de Alerta, curva naranja)

Proceso de desplazamiento lineal que evidencia un desplazamiento transicional

En este caso se indicará que se presenta una situación de alerta naranja. Informará la ubicación del sector (coordenadas del prisma), tendencia, número de prismas implicados y velocidad de desplazamiento. En esta condición Minera Coimolache no deberá adelantar ningún procedimiento de emergencia, pero si deberá permanecer atento al sector. Igualmente deberá informar al área de

geotecnia sobre condiciones que puedan afectar la estabilidad (precipitación, voladuras u otros trabajos).

Resultado de desplazamiento Progresiva (Condición de Riesgo, color rojo)

Evidencia un proceso de desplazamiento progresivo donde se a Minera Coimolache que se presenta una situación crítica de amenaza y que se requiere adelantar un protocolo de emergencia en el área de trabajo para minimizar el riesgo. Informará la ubicación del sector (coordenadas del prisma), tendencia, número de prismas implicados, velocidad de desplazamiento previa y actual.

Minera Coimolache deberá informar al grupo de monitoreo remoto sobre condiciones que puedan afectar la estabilidad (precipitación, voladuras u otros trabajos).

3.5.2 ANÁLISIS DE VELOCIDAD

En la gráfica de velocidad está sujeto a las condicionantes y a los datos obtenidos de campo.

CONCLUSIONES

1. Para la realización de la siguiente tesis se ha trabajado con datos proveniente desde el año 2016.
2. Se ha logrado procesar los datos crudos mediante un primer programa.
3. Se ha consolidado en un solo diseño todos los prismas, tomando en consideración su proveniencia, ya sea de un tajo, un depósito de material estéril y PAD de lixiviación.
4. Se obtienen los diferentes cuadros de posicionamiento con la aplicación de las ciencias básicas.
5. Se automatiza el control de taludes, con los que se obtiene los cuadros de análisis, objetivo de la presente tesis

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que los trabajos a realizar deben contener datos de prisms provenientes mínimo de 2 años.
2. Se recomienda la participación de un personal con experiencia para minimizar factores erráticos.
3. Para la realización de trabajos como la presente tesis, se recomienda contar con conocimientos de programación.
4. El programa puede ser empleado por diferentes empresas mineras.
5. Se recomienda que los profesionales mantengan una actitud de mejora continua.

BIBLIOGRAFÍA

Braja m. Das. (1985). FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA. Estados Unidos; Thomson Learning.

Amlot m. (2016). PROGRAMACIÓN EN EXCEL: MACROS Y PROGRAMACIÓN VBA. Estados Unidos; ENI

Sampieri h. (2014). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. Estados Unidos; McGraw-Hill

Betejtin a. (1970). CURSO DE MINERALOGÍA. Moscú; Editorial MIR

Perez. p. (2008). Peña de las Aguilas. Transición Pórfido a Epitermal en Tantahuatay. Proyecto Minero Aurífero en Cajamarca, Perú