

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE DEFORMACIONES EN  
LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNEL DE DOS VÍAS Y  
TÚNEL DE CUATRO VÍAS”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR  
MARTIN MOISÉS VERA CATASHUNGA  
ID: 0009-0001-3549-9951**

**ASESOR  
Dr. CÉSAR ALFREDO FUENTES ORTIZ  
ID: 0009-0005-9416-0834**

**Lima- Perú**

**2025**

©2025, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos derechos reservados.

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la tesis en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos”**

Martin Moisés Vera Catashunga

[mmverac@uni.pe](mailto:mmverac@uni.pe)

967757097

## **Dedicatoria**

*A Dios, que siempre estuvo a mi lado en cada logro y cada fracaso, en  
cada pena y en cada alegría.*

*A mi padre, Vidal, quien es el ángel que me cuida a cada momento y  
me inculcó los valores del saber y de la generosidad.*

*A mi madre, Marina, modelo perfecto de amor, abnegación y sacrificio;  
la roca fuerte que nunca dejó de apoyarme.*

*A mis hermanos, Luisa, Vidal y Alejandro, mis ejemplos de coraje para  
alcanzar mis metas.*

*A mis buenos amigos, en especial a ti, Alexis, mi amigo y hermano.*

*A quienes me ayudaron en este duro trabajo, mediante sus sabios  
consejos y recomendaciones*

*A ti Alison, a quien conocí en mi camino y ocupas un gran lugar en mi  
corazón...*

## **Agradecimientos**

Agradezco la constante colaboración del Ingeniero Cesar Alfredo Fuentes Ortiz, como asesor de esta Tesis, quien gracias a su retroalimentación me impulsó a culminar el presente trabajo de manera satisfactoria; a aquellos compañeros que me brindaron su oportuno consejo; y a mi alma mater, la UNI, por brindarme los conocimientos necesarios para este fin.

## Tabla de Contenido

Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Prólogo.....	xvi
Capítulo I. Introducción .....	1
1.1 Planeamiento y formulación del problema.....	1
1.2 Objetivos de la investigación. ....	1
1.3 Justificación e importancia.....	2
1.4 Alcances y limitaciones.....	2
1.5 Hipótesis.....	2
Capítulo II. Marco teórico conceptual.....	3
2.1 Marco Geológico.....	3
2.2 Monitoreo Geológico.....	5
2.3 Marco Geotécnico.....	8
2.4 Monitoreo en túneles. ....	8
2.5 Instrumentos de monitoreo en túneles.....	9
2.6 Subsidiencias a causa de la construcción de túneles.....	19
Capítulo III. Auscultación en túneles de dos vías.....	21
3.1 Proceso de excavación en túnel de dos vías.....	21
3.2 Monitoreo de deformaciones en túnel de dos vías .....	23
3.3 Resultados del monitoreo realizado en túnel de dos vías.....	48
Capítulo IV. Auscultación en túneles de cuatro vías. ....	50
4.1 Procedimiento de excavación en túneles de cuatro vías.....	51
4.2 Monitoreo de túneles de cuatro vías.....	55
4.3 Resultados del monitoreo realizado en túnel de cuatro vías .....	96
Capítulo V. Comparación de deformaciones en túnel de línea y túnel de tercera vía .....	98
5.1 Análisis comparativo de las alternativas. ....	98
Conclusiones.....	113
Recomendaciones.....	115

Referencias bibliográficas .....	116
Anexos .....	117

## Lista de figuras

Figura 1. Mapa geológico del Perú 500,000. INGEMMET, 1999 (Consortio Metro 2 Lima, 2016).....	4
Figura 2. Columna estratigráfica de la región Chancay- Lima – Mala. Memoria explicativa del mapa geológico del Perú 1,000,000. INGEMMET, 1999 (Consortio Metro 2 Lima, 2016).....	5
Figura 3. Esquema de ubicación de los instrumentos de monitoreo (Consortio Metro 2 Lima, 2016).....	10
Figura 4. Clavos de nivelación (Consortio Metro 2 Lima, 2016).....	12
Figura 5. Dianas para medidas de convergencia.....	13
Figura 6. Celda de presión total.....	14
Figura 7. Instalación extensómetro de cuerda vibrante (Consortio Metro 2 Lima, 2016).....	15
Figura 8. Piezómetro abierto. ....	16
Figura 9. Regleta de nivelación.....	17
Figura 10. Hitos de nivelación .....	18
Figura 11. Inclínometro.....	19
Figura 12. Secciones de monitoreo (Consortio Metro 2 Lima, 2016) .....	21
Figura 13. Planta esquemática túnel de dos vías (Consortio Metro 2 Lima, 2016).....	22
Figura 14. Ubicación de los instrumentos de monitoreo en túnel de dos vías	23
Figura 15. PK 24 530 (APPlus, 2019).....	29
Figura 16. PK 24 530 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	30
Figura 17. PK 24 580 (APPlus, 2019).....	31
Figura 18. PK 24 580 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	32
Figura 19. PK 24 630 (APPlus, 2019).....	33
Figura 20. PK 24 630 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	34
Figura 21. PK24 680 (APPlus, 2019).....	35
Figura 22. PK 24 680 Var. de Origen (APPlus, 2019).....	36
Figura 23. PK 24 730 (APPlus, 2019).....	37

Figura 24. PK 24 730 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	38
Figura 25. PK 24 780 (APPlus, 2019) .....	39
Figura 26. PK 24 780 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	40
Figura 27. PK 24 830 (APPlus, 2019) .....	41
Figura 28. PK 24 830 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	42
Figura 29. PK24 880 (APPlus, 2019) .....	43
Figura 30. PK 24 880 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	44
Figura 31. PK24 930 (APPlus, 2019) .....	45
Figura 32. PK 24 930 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	46
Figura 33. PK 24 970 (APPlus, 2019) .....	47
Figura 34. PK24 970 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	48
Figura 35. Planta de la sección de monitoreo (Consortio Metro 2 Lima, 2016) .....	50
Figura 36. Planta esquemática (Consortio Metro 2 Lima, 2016) .....	51
Figura 37. Fase V .....	53
Figura 38. Área de estudio (APPlus, 2019).....	55
Figura 39. PK 17 725 (APPlus, 2019) .....	59
Figura 40. PK 17725 Variación de Origen (APPlus, 2019).....	60
Figura 41. PK 17725 Coord. X (APPlus, 2019) .....	61
Figura 42. PK 17 775 Var de origen (APPlus, 2019).....	62
Figura 43. PK17 775 Coord. X (APPlus, 2019) .....	63
Figura 44. PK 17 825 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	64
Figura 45. PK17 825 Coord. X (APPlus, 2019) .....	65
Figura 46. PK 17 875 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	66
Figura 47. PK 17 875 Cord X (APPlus, 2019) .....	67
Figura 48. PK 17 825 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	68
Figura 49. PK17 975 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	69
Figura 50. PK17 975 Cord. X (APPlus, 2019) .....	70
Figura 51. PK 17 825 (APPlus, 2019) .....	71
Figura 52. PK 17 825 Var. de cuerda con cinta (APPlus, 2019) .....	72
Figura 53. PK 17 825 Var. de cuerda diagonal (APPlus, 2019) .....	73
Figura 54. PK17 825 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	74
Figura 55. PK 17 875 (APPlus, 2019) .....	75

Figura 56. PK 17 875 Var. Cuerda con Cinta (APPlus, 2019) .....	76
Figura 57. PK 17 875 Var. Cuerda Diagonal (APPlus, 2019) .....	77
Figura 58. PK 17 875 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	78
Figura 59. PK 17 875 Inclinómetro I (APPlus, 2019).....	79
Figura 60. PK 17 875 Inc. I (APPlus, 2019) .....	80
Figura 61. PK 17 875 Inclinómetro II (APPlus, 2019).....	81
Figura 62. PK 17 875 Inc. II (APPlus, 2019).....	82
Figura 63. PK 17875 Intradós (APPlus, 2019).....	83
Figura 64. PK17 875 Tensión (APPlus, 2019).....	84
Figura 65. Trasdós (APPlus, 2019) .....	84
Figura 66. PK17 875 Tensión (APPlus, 2019).....	85
Figura 67. PK 17 875 (APPlus, 2019).....	86
Figura 68. PK 17 875 Presión (APPlus, 2019) .....	86
Figura 69. PK 17 925 (APPlus, 2019).....	87
Figura 70. PK 17 925 Var. Cuerda con cinta (APPlus, 2019) .....	88
Figura 71. PK 17 925 Var. Cuerda Diagonal (APPlus, 2019) .....	89
Figura 72. PK 17 925 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	90
Figura 73. PK 17 975 (APPlus, 2019).....	91
Figura 74. PK 17 975 Var. Cuerda con cinta (APPlus, 2019) .....	92
Figura 75. PK 17 975 (APPlus, 2019).....	93
Figura 76. PK 17 975 Var. Cuerda diagonal (APPlus, 2019).....	94
Figura 77. PK 17 975 Var. Origen (APPlus, 2019) .....	95
Figura 78. PK 17 975 Variación cuerda con cinta (APPlus, 2019).....	96
Figura 79. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel de 4 vías (APPlus, 2019).....	98
Figura 80. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019).....	99
Figura 81. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel de 4 vías (APPlus, 2019).....	100
Figura 82. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019).....	100
Figura 83. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel de 4 vías (APPlus, 2019).....	101

Figura 84. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019).....	101
Figura 85. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel de 4 vías (APPlus, 2019).....	102
Figura 86. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019).....	103
Figura 87. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel de 4 vías (APPlus, 2019).....	104
Figura 88. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019).....	104
Figura 89. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel 4 vías (APPlus, 2019).....	105
Figura 90. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019).....	105
Figura 91. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel 4 vías (APPlus, 2019).....	106
Figura 92. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019).....	107
Figura 93. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel 4 vías (APPlus, 2019).....	108
Figura 94. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019).....	108
Figura 95. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel 4 vías (APPlus, 2019).....	109
Figura 96. Gráfica de monitoreo de PV 25 lado Callao túnel 4 vías (APPlus, 2019).....	109

## Lista de tablas

Tabla 1. Umbrales de control (Consortio Metro 2 Lima, 2016) .....	7
Tabla 2. Lectura del esquema de ubicación de instrumentos de monitoreo (Consortio Metro 2 Lima, 2016).....	11
Tabla 3. Valores en superficie 26.05.2019 (APPlus, 2019).....	24
Tabla 4. Valores en túnel (APPlus, 2019) .....	24
Tabla 5. Valores en superficie 06.09.2019 (APPlus, 2019).....	25
Tabla 6. Valores en túnel (APPlus, 2019) .....	26
Tabla 7. Cuadro resumen de valores máximos (APPlus, 2019).....	49
Tabla 8. Leyenda de la sección de monitoreo (Consortio Metro 2 Lima, 2016) .....	50
Tabla 9. Proceso de excavación en túnel de 4 vías .....	54
Tabla 10. Valores en superficie 25.08.2019 (APPlus, 2019).....	56
Tabla 11. Valores en túnel (APPlus, 2019).....	57
Tabla 12. Cuadro resumen de valores máximos (APPlus, 2019).....	97
Tabla 13. Hito de nivelación – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019) ....	98
Tabla 14. Hito de nivelación profunda – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019).....	99
Tabla 15. Hito regleta de nivelación – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019).....	101
Tabla 16. Hito dianas de convergencia – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019).....	102
Tabla 17. Hito miniprisma de convergencia – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019).....	103
Tabla 18. Hito pernos de convergencia – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019).....	105
Tabla 19. Hito del inclinómetro – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019) .....	106
Tabla 20. Hito extensómetro de cuerda vibrante – comparación PV19 y PV25 .....	107

Tabla 21. Hito células de presión – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019) .....	109
Tabla 22. Comparación de valores de deformación obtenidas de cada instrumento (APPlus, 2019).....	110

## Lista de siglas

1. **EDI:** Estudio Definitivo de Ingeniería
2. **Túnel NATM:** New Austrian Tunneling Method o en español Nuevo Método Austriaco de Túneles.
3. **PV:** Pozo de Ventilación
4. **E:** Estación.
5. **APPlus:** empresa de ingeniería que brinda servicios de diseño, pruebas, ensayos y certificación de ingeniería.

## Resumen

Esta investigación presenta un análisis comparativo de las deformaciones durante las excavaciones en los túneles de la Línea 2 del Metro de Lima utilizando el método NATM, específicamente en el túnel de dos vías y el túnel de cuatro vías, ambos excavados en gravas densas del conglomerado de Lima. Se analizan las deformaciones registradas por instrumentos de monitoreo instalados tanto en el interior del túnel como en superficie. Las deformaciones más significativas se producen entre 2 a 3 metros antes y 10 metros después de la excavación.

El capítulo uno establece el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, su justificación y el alcance de los estudios realizados en dos tramos del túnel en la etapa 1B.

El capítulo dos aborda el marco teórico, incluyendo aspectos geológicos y el monitoreo de terrenos, tanto en túneles como en superficie, así como los tipos de instrumentos utilizados, como dianas de convergencia, celdas de presión, piezómetros, entre otros.

El capítulo tres se centra en el túnel de dos vías, describiendo el proceso de excavación y los valores de deformación obtenidos a través de los instrumentos de monitoreo.

En el capítulo cuatro se hace lo mismo para el túnel de cuatro vías, detallando las fases de excavación y las mediciones correspondientes.

En el capítulo cinco, se comparan las deformaciones máximas registradas en ambos túneles. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones para mejorar el monitoreo de túneles en zonas urbanas.

Palabras clave – Método NATM, Línea 2 del Metro de Lima, túnel de dos vías, túnel de cuatro vías, monitoreo en túneles, comparación de deformaciones máximas.

## Abstract

This research presents a comparative analysis of the deformations during excavations in the tunnels of Line 2 of the Lima Metro using the NATM method, specifically in the two-lane tunnel and the four-lane tunnel, both excavated in dense gravels of the Lima conglomerate. The deformations recorded by monitoring instruments installed both inside the tunnel and on the surface are analyzed. The most significant deformations occur between 2 to 3 meters before and 10 meters after the excavation.

Chapter one establishes the problem statement, the objectives of the research, its justification and the scope of the studies carried out in two sections of the tunnel in stage 1B.

Chapter two addresses the theoretical framework, including geological aspects and ground monitoring, both in tunnels and on the surface, as well as the types of instruments used, such as convergence targets, pressure cells, piezometers, among others.

Chapter three focuses on the two-way tunnel, describing the excavation process and the deformation values obtained through the monitoring instruments.

Chapter four does the same for the four-way tunnel, detailing the excavation phases and the corresponding measurements.

Chapter five compares the maximum deformations recorded in both tunnels. Finally, conclusions and recommendations for improving tunnel monitoring in urban areas are presented.

Keywords – NATM method, Lima Metro Line 2, two-lane tunnel, four-lane tunnel, tunnel monitoring, comparison of maximum deformations.

## Prólogo

La presente investigación muestra los valores de monitoreo de las deformaciones que son entregadas por los instrumentos instalados a lo largo de la construcción del túnel de línea (túnel de dos vías) y el túnel de cuatro vías (túnel de tercera vía) que implica tener dos vías en cada lado de la vía principal que servirán para albergar trenes en caso de avería, tales como: hitos de nivelación, inclinómetros, dianas de convergencia, etc. Estos valores han sido registrados para hacer un análisis comparativo en estos dos tipos de vías, que es el caso de estudio. El objetivo de esta investigación es comparar los valores obtenidos de las deformaciones que ocurren en la construcción del túnel de dos vías con aquellas que ocurren en la construcción del túnel de cuatro vías.

En el capítulo uno se presenta el diseño de la investigación, es decir, se plantea y se postula el problema, se formula el objetivo de la investigación, del mismo modo, se justifica la importancia, alcances y limitaciones.

En el capítulo dos se presenta el marco teórico general de los instrumentos de medición previamente mencionados, para realizar un monitoreo geológico geotécnico de los túneles en estudio, estos instrumentos serán la base para realizar el desarrollo de las lecturas y por ende de la presente tesis.

En el capítulo tres se presenta el proceso de excavación y se desarrolla el monitoreo del túnel de dos vías; para ello se registra los valores tomados durante la construcción del túnel de dos vías; y, en el capítulo cuatro, análogamente al capítulo tres se presenta el procedimiento constructivo y el desarrollo del monitoreo en el túnel de cuatro vías. También se registran los valores de cada instrumento de medición en este punto.

En el capítulo cinco se hace el análisis comparativo de los valores obtenidos en las deformaciones de los túneles mencionados en los capítulos tres y cuatro, obteniéndose de estas comparaciones y diferencias significativas.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones que derivan de los resultados obtenidos de la presente investigación.

## Capítulo I. Introducción

### 1.1 Planeamiento y formulación del problema.

En la ejecución de túneles, ya sean estos túneles de una vía, túneles de dos vías, túneles gemelos, túneles de tres vías o túneles de cuatro vías, uno de los trabajos críticos es la excavación y el sostenimiento del terreno, y durante estas actividades se resalta que en la excavación el comportamiento del terreno debe ser controlado mediante instrumentos de medición. Por ello durante la construcción del sostenimiento preventivo hasta terminar con el sostenimiento definitivo se van colocando los instrumentos de medición con el fin de monitorear las deformaciones que se van dando durante la ejecución de los trabajos y posteriormente el funcionamiento. La auscultación en túneles provee valores para la toma de decisiones en la etapa de revestimiento primario y secundario, por ello conocer y prever estos valores ayuda a prevenir colapsos o afecciones a las propiedades adedañas, también ayudan a futuros proyectos que se desarrollen en un entorno similar, pues en este tipo de proyectos se desconoce las deformaciones reales del terreno. Ante ello es necesario hacer comparaciones entre las deformaciones que ocurren en la construcción de un túnel de dos vías y las deformaciones que ocurren en la construcción de túneles de 4 vías; ante esto se plantea la siguiente pregunta: ¿las deformaciones que ocurren en la construcción de un túnel de cuatro vías son mayores que las deformaciones que ocurren en la construcción de un túnel de dos vías?

### 1.2 Objetivos de la investigación.

#### 1.2.1 Objetivo general.

Analizar y comparar las deformaciones que ocurren en la construcción de túnel de dos vías con las deformaciones que ocurren en la construcción de túnel de 4 vías.

#### 1.2.2 Objetivos específicos.

- Identificar las pautas para la estimación de las deformaciones en túneles de condiciones geológicas similares.
- Analizar de manera comparativa el comportamiento del túnel de dos vías luego de ejecutar la excavación.
- Analizar de manera comparativa el comportamiento del túnel de cuatro vías luego de ejecutar la excavación.

### **1.3 Justificación e importancia.**

Dada la importancia de construcciones de obras subterráneas en medios urbanos, como actualmente se está desarrollando en el Perú, especialmente en Lima, es imprescindible conocer la manera en que dichas estructuras subterráneas se comportan en el entorno urbano, de esta manera se podrá prever posibles accidentes y también a contar con datos que sirvan de apoyo en futuros proyectos similares.

### **1.4 Alcances y limitaciones.**

En la presente tesis se hace el monitoreo de las deformaciones producidas en una sección especial de control del túnel de dos vías con una sección especial del túnel de cuatro vías (túnel de 4 vías entre Pv19 y la E19) eligiendo situaciones geológicas similares, no se hace un análisis de toda la vía subterránea de la Línea 2 Metro Lima.

En esta tesis no se presentan diseños de secciones de monitoreo, se usa la sección presentada en el proyecto Línea 2 Metro Lima, secciones ubicadas entre la estación San Juan de Dios (E19) y la estación Prolongación Javier Prado (E26).

Los valores obtenidos en las celdas de presión y los extensómetros de cuerda vibrante se muestran a manera de referencia. En la presente tesis no se hace la interpretación de estos instrumentos ya que no sé ha podido acceder a las interpretaciones de las lecturas.

### **1.5 Hipótesis**

Las deformaciones que ocurren en la construcción de túnel de cuatro vías son mayores a las deformaciones que ocurren en la construcción de túneles de dos vías.

## Capítulo II. Marco teórico conceptual

### 2.1 Marco Geológico.

La zona de estudio afectará mayoritariamente a los materiales granulares gruesos que constituyen el denominado Conglomerado de Lima. Estos depósitos cuaternarios aluviales del cono deyectivo del río Rímac se encuentran formados por cantos rodados (gravas subredondeadas de naturaleza ígnea y volcánica), arenas y, en menor medida, arcillas y limos, dispuestos de forma desordenada. Superpuestos a estos materiales se encuentran los depósitos de terraza más modernos del río Rímac, los cuales aparecen con la misma granulometría, pero con un mayor orden interno. Sobre estos materiales se encuentran grandes niveles de arcillas y limos, sin gravas, con relativa plasticidad y poco consistentes. Superficialmente se pueden encontrar rellenos de origen antrópico contaminado de espesor variable entre 1 y 5 m.

La región se ubica dentro de la Costa Central del territorio peruano, cuyo relieve se relaciona con el desarrollo de las planicies costeras y conos aluviales que conforman superficies amplias interrumpidas por cerros bajos que gradualmente pasan a relieves accidentados en las estribaciones andinas.

La secuencia estratigráfica de la zona está formada, en la base, por rocas vulcano-sedimentarias del Grupo Puente Piedra cuyos focos de emisión estuvieron en la cuenca del Pacífico en tiempos del Jurásico Terminal y la base del Cretácico Inferior. Continúa la secuencia con las unidades siliciclásticas de ambiente continental (Grupo Morro Solar) y secuencias marinas de las formaciones Pamplona y Atocongo (Valanginiano Terminal-Aptiano) y se encuentran cubiertas de rocas volcánicas marinas con ciclos sedimentarios depositados en el intervalo Albiano – Cenomaniano (Grupo Casma). En la Figura 1 se muestra la distribución geológica de la zona de estudio.

Producto de esta intrusión magmática, las estructuras que involucran a la cobertura vulcano-sedimentaria se encuentran truncadas y desplazadas, interpretándose una deformación de nivel estructural medio durante el Cretácico Inferior.

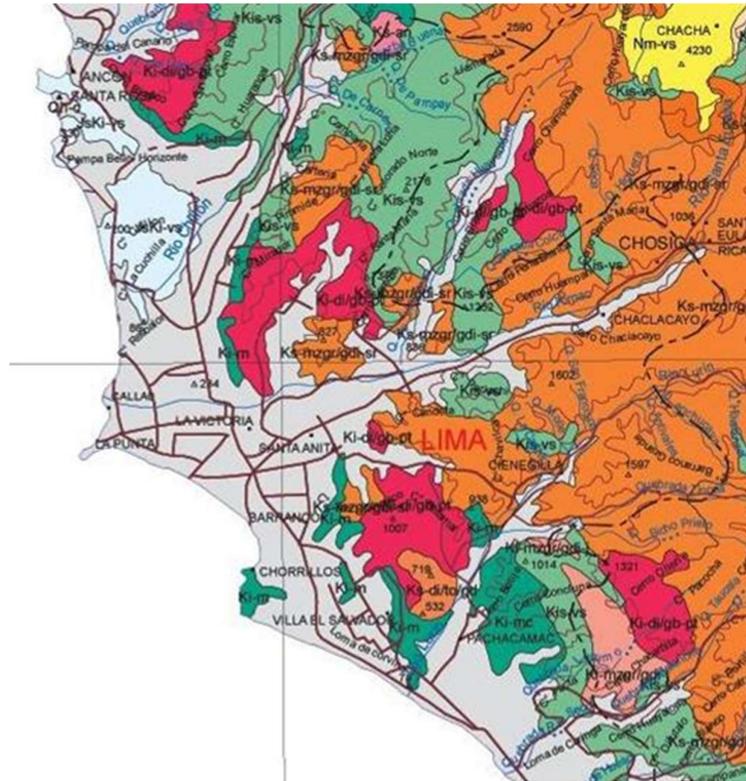


Figura 1. Mapa geológico del Perú 500,000. INGEMMET, 1999 (Consortio Metro 2 Lima, 2016)

La zona de estudio, como se ha comentado anteriormente, se encuentra ubicada en la cuenca de Lima, la cual comienza con la actividad volcánica del grupo Casma mediante derrames lávicos y piroclásticos en ambiente marino en el periodo Cretácico. Posteriormente se produce el levantamiento de la región durante la primera fase compresiva de la tectónica andina. Simultáneamente al levantamiento del batolito de la Costa siguen produciéndose pulsaciones magmáticas que dan lugar a un complejo de rocas plutónicas (super unidades Patap y Santa Rosa). En la figura 2 se muestra la columna estratigráfica de la zona de estudio.

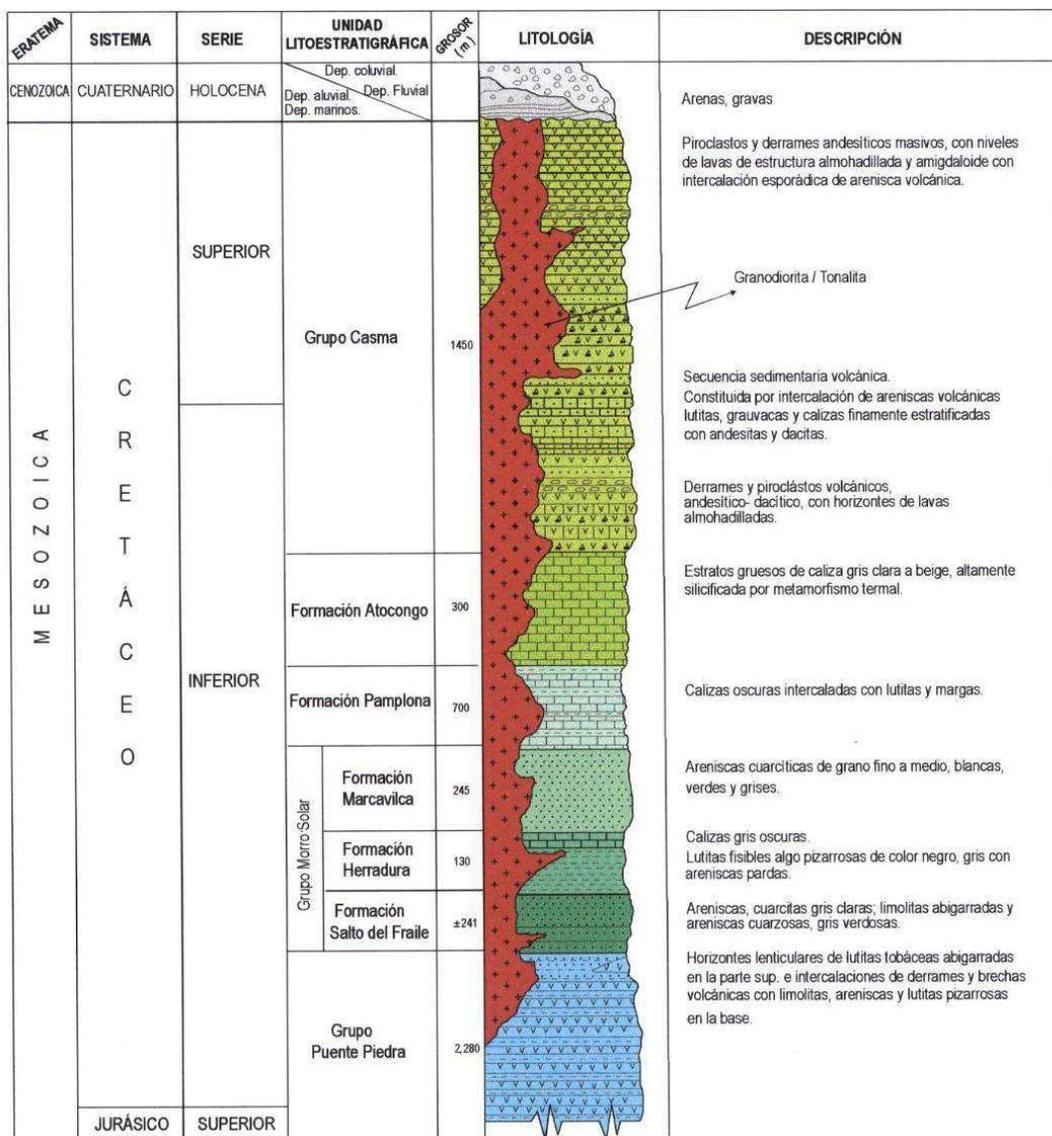


Figura 2. Columna estratigráfica de la región Chancay- Lima – Mala. Memoria explicativa del mapa geológico del Perú 1,000,000. INGEMMET, 1999 (Consortio Metro 2 Lima, 2016)

### 2.2 Monitoreo Geológico.

Para iniciar con el monitoreo geológico, es necesario contar con la lectura inicial o la lectura cero de los dispositivos instalados en cada estructura o sección, esta lectura es el resultado de dos operaciones independientes como mínimo, siempre y cuando estas lecturas sean consistentes.

En los planos del diseño y documentos del proyecto se especifica la frecuencia de medición de las secciones de monitoreo de los túneles.

Más allá de los requerimientos a los que se ha hecho referencia anteriormente, la frecuencia de toma de lecturas se ajusta a las condiciones particulares no previstas durante el diseño. Estos ajustes se establecen entre los responsables de la ejecución (supervisor-constructor), y se deberán implementar. Estas condiciones o motivos de ajuste ayudarán a la toma de decisiones en cada sección de avance, considerando la evolución de las posibles deformaciones.

Por lo general, las frecuencias de monitoreo no son menores a los del diseño, usualmente las secciones se incrementan de acuerdo a las deformaciones o cuando se superan los umbrales previstos. Los umbrales son establecidos en el EDI (Estudio Definitivo de Ingeniería) según el Estudio de Riesgos en la Construcción y en base a la experiencia del diseñador, cada umbral está representado por un color que facilita la evaluación de las lecturas. Lecturas que luego son cotejadas entre ellas, para ver si se debe intervenir para asegurar la seguridad del proyecto en ejecución o se continúa avanzando.

Los colores de alerta que se aprecia en los umbrales de control de la obra son: verde, rojo y ámbar tal como se muestra en la tabla 1:

1. Verde: de ser menor del 70% del nivel de movimientos previamente establecidos en el EDI, se permite continuar con la obra sin problema o alerta alguna.
2. Ámbar: en caso la lectura llegue al 70%, se hace una inspección visual del instrumento y en caso sea requerido se aumenta la frecuencia de lecturas; la obra continua.
3. Rojo: la lectura supera o llegó al 100% de referencia, es fundamental hacer un análisis de la situación, revisar el equipo y de ser necesario colocar un instrumento complementario, es importante revisar el proceso constructivo y corroborar la correcta instalación de los instrumentos.

Tabla 1. Umbrales de control (Consortio Metro 2 Lima, 2016)

UMBRAL DE CONTROL	ASIENTO ADMISIBLE (MM)			DISTORSIÓN ANGULAR			DEFORMACIÓN HORIZONTAL UNITARIA (%)		
	< 70% NIVEL DE REFERENCIA (VERDE)	70% NIVEL DE REFERENCIA (ÁMBAR)	NIVEL DE REFERENCIA (ROJO)	< 70% NIVEL DE REFERENCIA (VERDE)	70% NIVEL DE REFERENCIA (ÁMBAR)	NIVEL DE REFERENCIA (ROJO)	< 70% NIVEL DE REFERENCIA (VERDE)	70% NIVEL DE REFERENCIA (ÁMBAR)	NIVEL DE REFERENCIA (ROJO)
	Zonas sin edificaciones	<50	50-100	>100	1/100	1/100-1/50	>1/50	<1.5	1.5-2.0
Edificios cimentados profundos o con losa en buen estado	<20	20-30	>30	<1/1000	1/1000-1/500	>1/500	<0.15	0.15-0.20	>0.20
Conducciones no de gas									
Estructura subterránea o túneles existentes	<15	15-25	>25	<1/2000	1/2000-1/1000	>1/1000	<0.15	0.15-0.20	>0.20
Edificios cimentados superficialmente sin daños aparentes	<10	10-15	>15	<1/2000	1/2000-1/1000	>1/1000	<0.15	0.15-0.20	>0.20
Edificios cimentados superficialmente con daños	<5	5-10	>10	<1/3000	1/3000-1/2000	>1/2000	<0.05	0.05-0.10	>0.10
Edificios monumentales									
Edificios con más de 10m altura									
Tuberías de gas									
Túneles existentes	Asiento o levantamiento: 10mm/10m								

Si existiera un cambio especial o no esperado en la evolución de las deformaciones en el tiempo o en el lugar que se anticipen circunstancias particulares detectadas en las evaluaciones de cada frente, se solicita un cuidado especial y una mayor intensidad de monitoreo, por lo tanto, la frecuencia de medición será aumentada y en algunos casos se aumenta secciones de control.

### 2.3 Marco Geotécnico

En el seguimiento de toda obra subterránea es necesario realizar un control geotécnico mediante inspección directa del terreno, que se lleva a cabo por personal especializado que actúa a pie de obra. El control geotécnico de los frentes de excavación tiene varios objetivos:

- Valorar las condiciones geotécnicas del terreno, a partir de datos in situ.
- Comprobar que el tipo de revestimiento primario definido en el proyecto es el adecuado, en función de la calidad geotécnica y disposición de los materiales observada en el frente de excavación.

Se debe realizar una inspección diaria del frente que permita caracterizar el terreno excavado en el avance. Con el fin de facilitar la labor del especialista y tener un seguimiento geotécnico correcto, la caracterización del frente deberá contener información que indique:

- La geología observada en el contorno de la excavación y en el frente.
- El tipo de material que se observa.
- El grado de meteorización.
- Presencia de agua.
- Cualquier otro parámetro relevante.

Finalmente, y tras la caracterización diaria del frente, se propondrá el avance a efectuar y del revestimiento primario a colocar.

Cuando las condiciones geológicas, geotécnicas o hidrogeológicas existentes o previsibles así lo aconsejen, se podrá proceder a la realización de sondeos en el frente de una longitud correspondiente al avance de varios días, destinados a obtener información sobre posibles zonas con peores características geotécnicas.

### 2.4 Monitoreo en túneles.

El monitoreo se puede definir como una herramienta que está al servicio de la ingeniería de túneles u obras subterráneas, que responde a la necesidad de conocer el comportamiento del terreno y controlar las variaciones que ocurren. Esto adquiere vital importancia ya que los diseños de túneles están basados en métodos empíricos, teóricos y numéricos y en muchos casos existe la incertidumbre sobre las condiciones de la excavación.

El monitoreo, en la fase de diseño, ayuda a conocer las condiciones iniciales y facilita los parámetros necesarios para desarrollar el diseño.

El monitoreo, en la fase de construcción, además de brindar más información a la construcción permitirá verificar la hipótesis de diseño y brindará un reajuste constante de ser necesario, por otro lado, llevar y dar seguimiento al comportamiento del terreno por medio del monitoreo ayuda enormemente a mantener la obra segura, ello permite evitar posibles derrumbes.

Cuando ya la obra está en servicio al público, el seguimiento del sistema de monitoreo, ayuda a observar posibles hundimientos, convergencias, subsidencias, etc., que podrían generar un entorno inseguro en la estructura. Por ello se recomienda que el monitoreo continúe en toda la etapa de operación del proyecto.

### **2.5 Instrumentos de monitoreo en túneles**

Los instrumentos y dispositivos de monitoreo del túnel son colocados según se va avanzando con la excavación. Una vez instalados, las lecturas programadas son tomadas por personal específico, en este caso fueron realizadas por personal de APPlus Perú, los cuales establecen la frecuencia y ajustes a implementar tal como se muestra en la figura 3 y se encuentra detallada en la lectura del esquema de ubicación de instrumentos de monitoreo en la tabla 2.

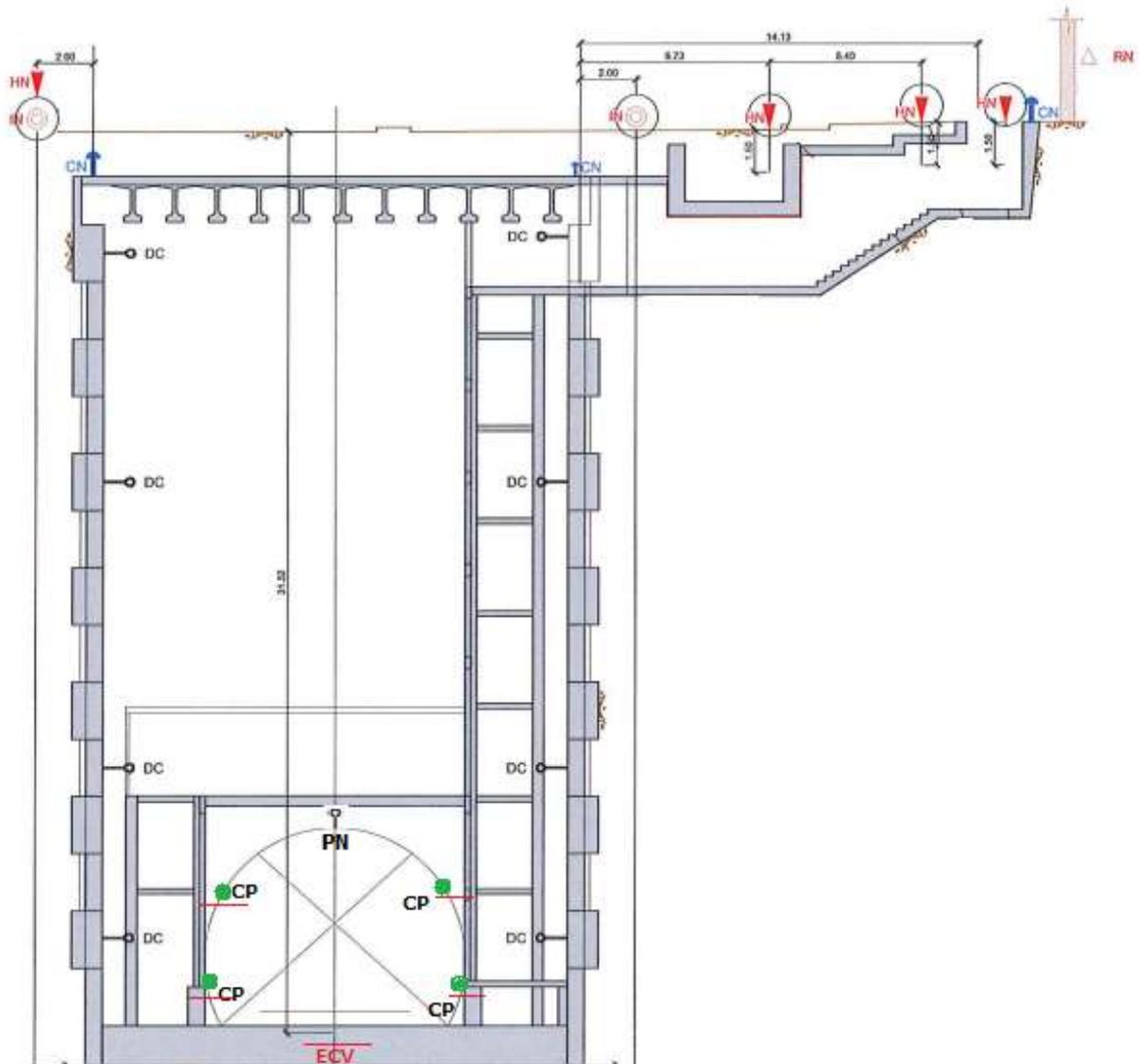


Figura 3. Esquema de ubicación de los instrumentos de monitoreo (Consortio Metro 2 Lima, 2016)

Tabla 2. Lectura del esquema de ubicación de instrumentos de monitoreo (Consortio Metro 2 Lima, 2016)

<b>LECTURA DEL ESQUEMA DE UBICACIÓN DE INSTRUMENTOS</b>	
<b>HN</b>	Hito de nivelación
<b>IN</b>	Inclinómetro
<b>DC</b>	Diana de convergencia
<b>CN</b>	Clavo para nivelación
<b>BN</b>	Base de nivelación
<b>CP</b>	Celdas de presión
<b>ECV</b>	Extensómetros de cuerda vibrante
<b>RN</b>	Regleta de nivelación
<b>DP</b>	Diana de puntería
<b>PN</b>	Punto de nivelación clave

### 2.5.1 Base de nivelación y clavos para nivelación de precisión

Las bases de nivelación son puntos que sirven de referencia para el control topográfico de los instrumentos instalados, por ello es importante que estén situadas fuera del rango de influencia de la excavación.

Sobre los Clavos de nivelación se puede decir son instrumentos que se colocan en elementos de concreto ubicados en superficie (veredas o pistas), la principal función del clavo de nivelación es verificar los hundimientos generados por la construcción de obras subterráneas (ver figura 4).

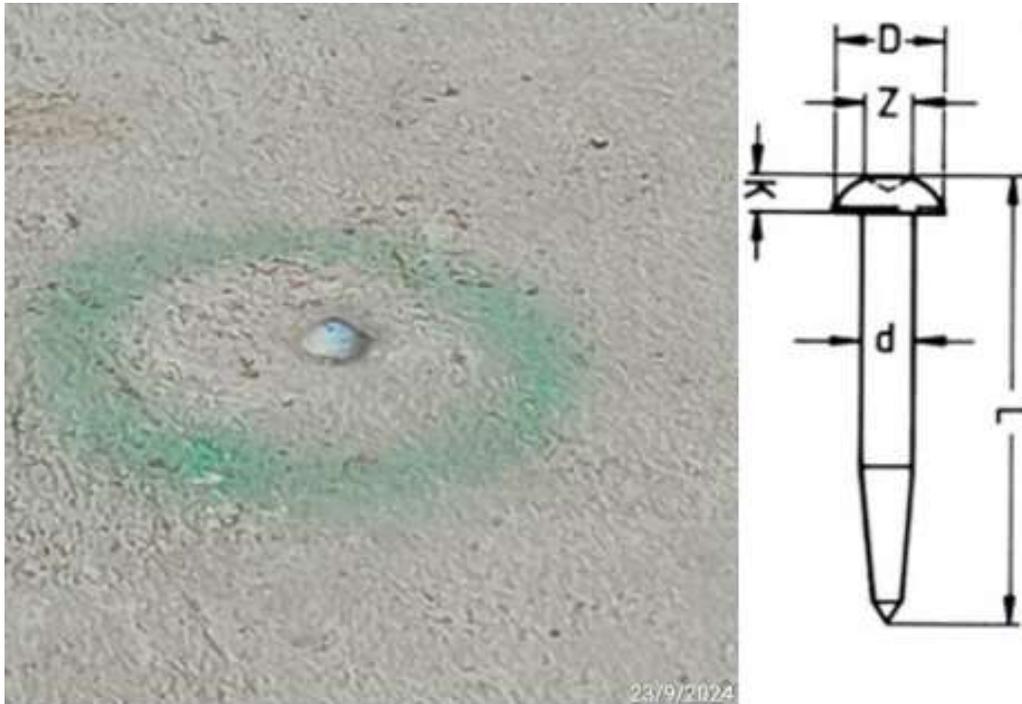


Figura 4. Clavos de nivelación (Consortio Metro 2 Lima, 2016)

### 2.5.2 Dianas para medida de convergencias

Las dianas son instaladas en el revestimiento definitivo del túnel, la zona en la cual se coloca debe ser previamente taladrada para la colocación de la pletina de la diana, el vástago junto con la resina; la diana se coloca del lado en que se realiza las lecturas. Para señalar su ubicación se usa pintura, de esta manera se evita que pueda ser dañada accidentalmente.

La forma de medir las convergencias se da con la instalación de equipos topográficos con posibilidad de realizar la medición, es decir, que pueda realizar la lectura de manera directa. Para ello si es posible se puede pedir que las obras del entorno tengan que detenerse por cierto tiempo.

Las medidas de los movimientos relativos entre dianas de puntería o dianas de convergencia ayudan a observar cómo se está deformando el túnel o la obra subterránea, y esto se logra midiendo las distancias entre estos instrumentos de medición y variación respecto del tiempo, la figura 5 muestra la colocación de diana de puntería en la pared del túnel.



Figura 5. Dianas para medidas de convergencia

### 2.5.3 Celda de presión total

Estos dispositivos permitirán confirmar que las presiones ejercidas en el revestimiento del túnel son las presiones consideradas en el diseño del túnel (ver Figura 6), es recomendable instalar un sistema de medición mediante cuerda vibrante, de esta manera se contribuye a la seguridad de la obra durante su construcción.

La instalación de este instrumento de medición se tiene que dar en la zona y dirección de las presiones ejercidas que se desean medir, es decir, si se desea medir la presión en el revestimiento primario, la celda tiene que colocarse entre el terreno y el revestimiento primario, otro punto importante a considerar es que el apoyo de este instrumento de monitoreo tiene que ser total, para garantizar ello una buena práctica es rellenar los vacíos del lugar de apoyo con un material nivelante, puede ser concreto líquido, mortero, etc.



Figura 6. Celda de presión total

La celda de presión se rige por el principio de la cuerda vibrante, en el cual una cuerda tensada está unida a un diafragma, existiendo una relación directa entre la presión sobre el diafragma y la tensión de la cuerda.

La forma de funcionamiento de la celda de presión en términos generales es que se ejerce la presión en la celda y la celda por medio de una bobina, genera una frecuencia característica, ello es registrado por el mismo instrumento y luego representado en una forma de medición.

El registro es mostrado en una tabla de doble entrada (X; Y) en X se presenta la línea de tiempo, es decir, fecha y hora de la lectura, en Y se presenta el delta de presión.

### 2.5.4 Extensómetro de cuerda vibrante

Este instrumento de medición sirve para ver como ocurren las deformaciones en las estructuras del túnel en este caso la estructura de concreto armado.

La instalación del dispositivo es en el acero de la estructura, es decir, que se sueldan los terminales del extensómetro a los extremos del acero, de esta manera cuando ocurre una deformación de la estructura ocurre también la deformación del acero, esta deformación es registrada por el dispositivo el cual envía las señales mediante el cable, el cual se registra en un dispositivo. Inicialmente las lecturas se hacen directamente con los cables, pero cuando la estructura ya está terminada, esos terminales se colocan en una caja para la lectura posterior.

Durante la instalación se debe tener especial cuidado en la protección de estos equipos, pues un golpe por caída de concreto o por golpe con el acero podría dañar algún componente del dispositivo.

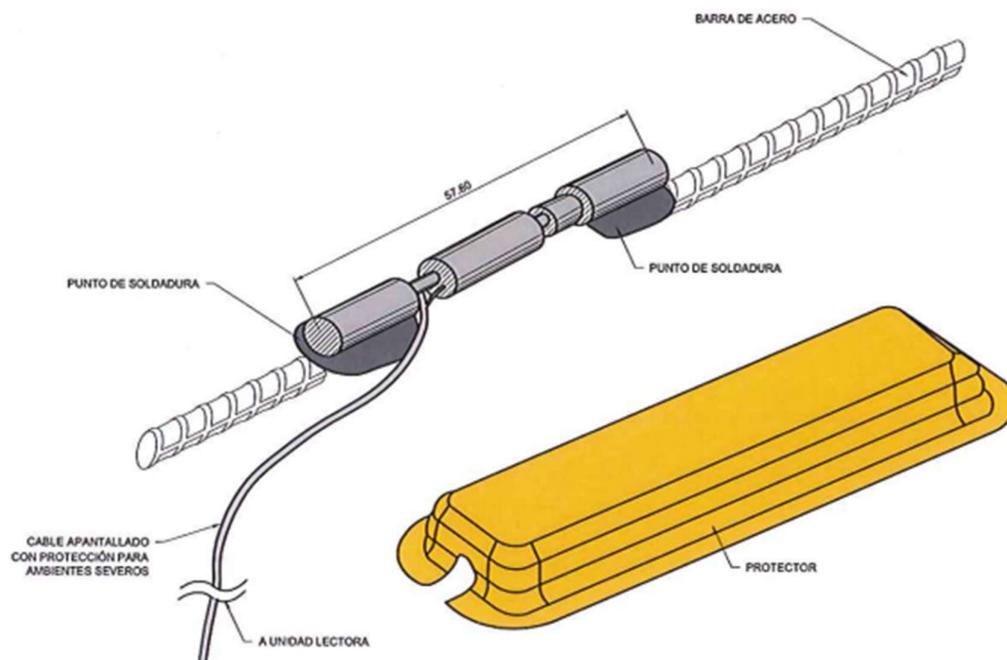


Figura 7. Instalación extensómetro de cuerda vibrante (Consortio Metro 2 Lima, 2016)

### 2.5.5 Piezómetros abiertos

Este instrumento sirve para la verificación de los niveles de agua en las zonas en la que el nivel freático va afectar la excavación del túnel, o bien para evidenciar los trabajos de desaguado. La medición se realiza mediante sondas que se ingresan por las tuberías instaladas. La figura 8 muestra el esquema y la instalación del piezómetro abierto.

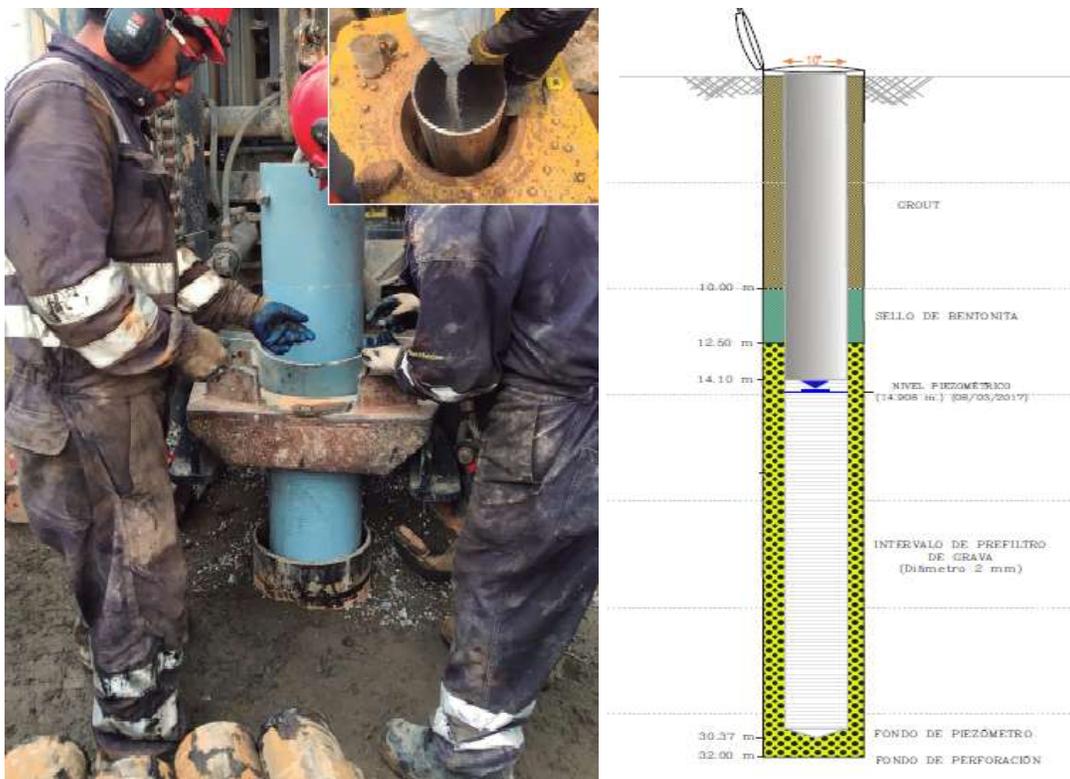


Figura 8. Piezómetro abierto.

### 2.5.6 Regletas de nivelación para el control de movimiento de edificios

Las regletas de nivelación son instrumentos colocados en las paredes, muros o columnas son realizados para ver el comportamiento de los edificios cercanos a la ejecución de túneles u obras subterráneas, la regleta en un perno instalado directamente en la estructura que se desea evaluar, sobre esta se coloca una mira regleta topográfica para hacer la medición con equipo topográfico.



Figura 9. Regleta de nivelación

### 2.5.7 Hitos de nivelación

Dentro del plan de monitoreo o plan de auscultación se recomienda la instalación de instrumentos de medición conocidos como hitos de nivelación, estos instrumentos se instalan en la superficie para medir los movimientos verticales causados en el terreno a causa de la realización de obras subterráneas. Se suele decir que mide los movimientos verticales pues mide hundimientos y levantamientos del terreno. Por ejemplo, podemos decir que cuando se ejecuta cavernas o túneles el hito de nivelación registra hundimientos, sin embargo, cuando se realizan trabajos con tuneladora y se ejerce presión excesiva en el terreno se producen levantamientos, la figura 10 muestra la sección esquemática de un hito de nivelación y su colocación en obra.

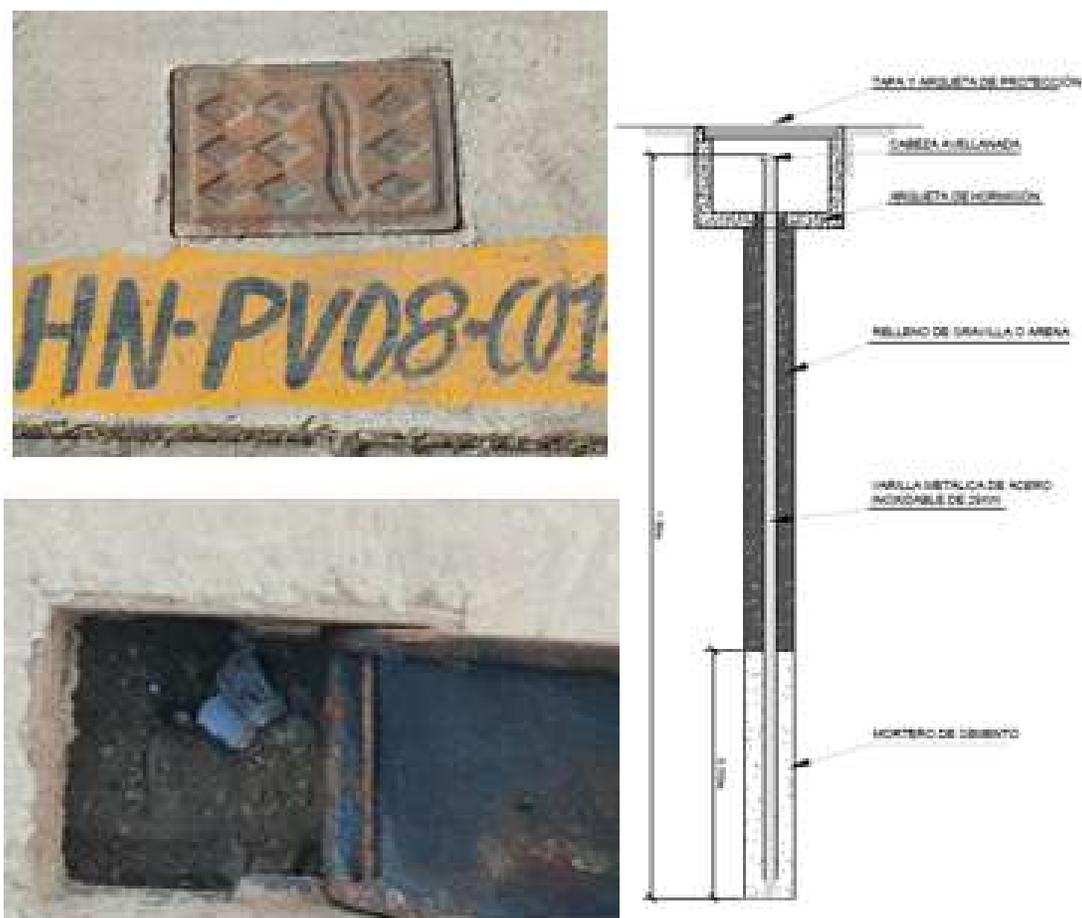


Figura 10. Hitos de nivelación

La figura 10 muestra que el hito de nivelación en este caso es de 1.5m de profundidad en la base inferior se coloca un mortero que envuelve a la varilla de 0.5m de altura, luego se rellena con grava o arena, y finalmente se coloca la caja de protección y la tapa.

### 2.5.8 Inclinómetros

Los inclinómetros usados para el monitoreo del terreno son usados para registrar los movimientos horizontales, estos movimientos horizontales se van registrando durante la excavación del túnel, generalmente se observa estos registros cuando la excavación del túnel se va acercando a la sección de control.

Dentro del plan de monitoreo o auscultación presentado para las obras de túneles urbanos existen tipos de secciones de auscultación, uno de estos es una sección simple en la que se colocan instrumentos reducidos o en menor cantidad (hitos, regletas, dianas de

convergencia, etc.). Otro tipo es la sección especial, en estas secciones especiales es donde se estila colocar los inclinómetros, pues se requiere tener en constante monitoreo estructuras que desde el punto de vista del diseño y la construcción están dentro del área de interés

Por ende, se requiere monitoreo con equipos completos que en conjunto ayuden a tomar decisiones en posibles anomalías, la medición se realiza con una sonda que ingresa alineado con las canaletas que tiene la tubería colocada para realizar el registro generalmente este registro se realiza cada 0.5m o cada 1m, se resalta que estas canaletas que orientan la sonda son diametralmente opuestas para garantizar las lecturas con una rotación en planta de 90°. Tal como se muestra en la figura 11.

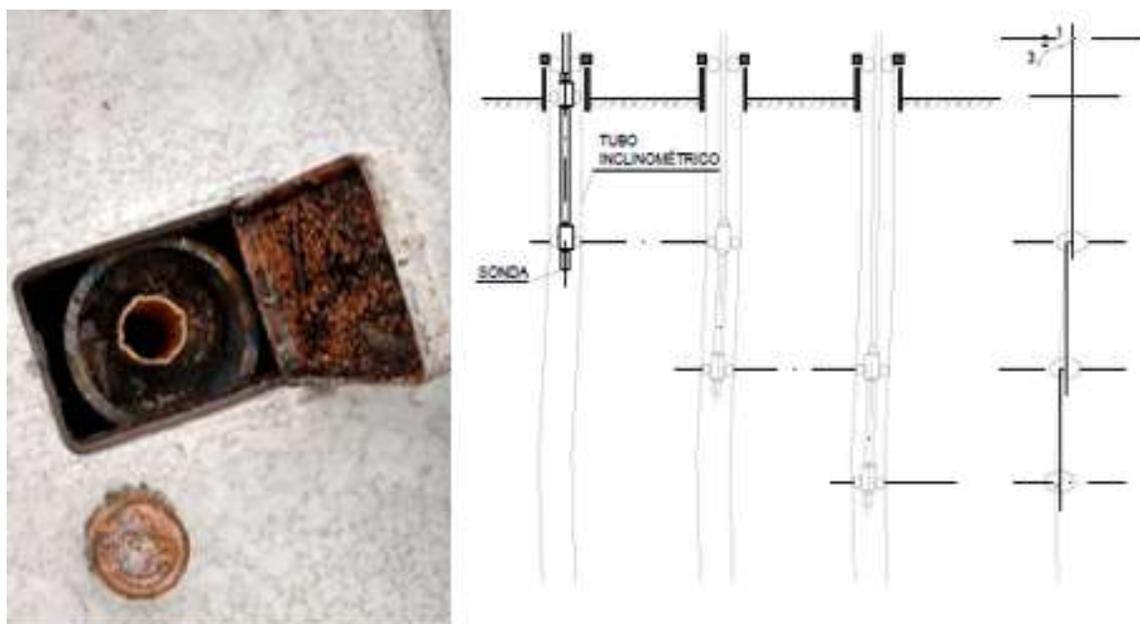


Figura 11. Inclínómetro

## 2.6 Subsidiencias a causa de la construcción de túneles.

Cuando se ejecutan obras de túneles y cavernas necesariamente se realizan perturbaciones del terreno en el cual se emplazarán estas obras, estas perturbaciones obviamente ocurren cuando se ejecuta la excavación. Durante la excavación existen deformaciones generadas por el cambio tensional del terreno hasta llegar nuevamente al equilibrio, ya sea con el autosoporte que pueda tener el terreno o por la colocación del sostenimiento, estas deformaciones como ya se ha indicado en líneas arriba pueden

verificarse con los instrumentos de monitoreo. En particular, dentro de las posibles deformaciones que puede ocurrir en el túnel tales como convergencias, asientos en clave, deformaciones horizontales, etc., la visualización del efecto que causa estas deformaciones en la en la superficie se le conoce como subsidencia.

La subsidencia suele representarse en graficas llamadas cubetas de asiento, para el caso de túneles esta grafica es de tipo Campana de Gauss invertida en la mayoría de casos, sin embargo, pueden existir casos particulares de hinchamiento del terreno por el contacto de suelos con el agua, ejem suelos arcillosos, en estos casos la gráfica puede tomar formas distintas.

El plan de monitoreo se debe redactar antes del comienzo de los trabajos en obra, por parte de especialistas de esta disciplina, en estrecho contacto con el proyectista como el constructor ya que su alcance tiene implicaciones en todas las fases de la obra y relaciones con todos los actores presentes en ello. (López Jimeno, 2011)

## Capítulo III. Auscultación en túneles de dos vías

En este capítulo se estudia el monitoreo del túnel de dos vías, que está ubicado entre la estación 25 (Vista Alegre – Santa Anita) y el Pozo de Ventilación n°25 como se muestra en la figura 12.

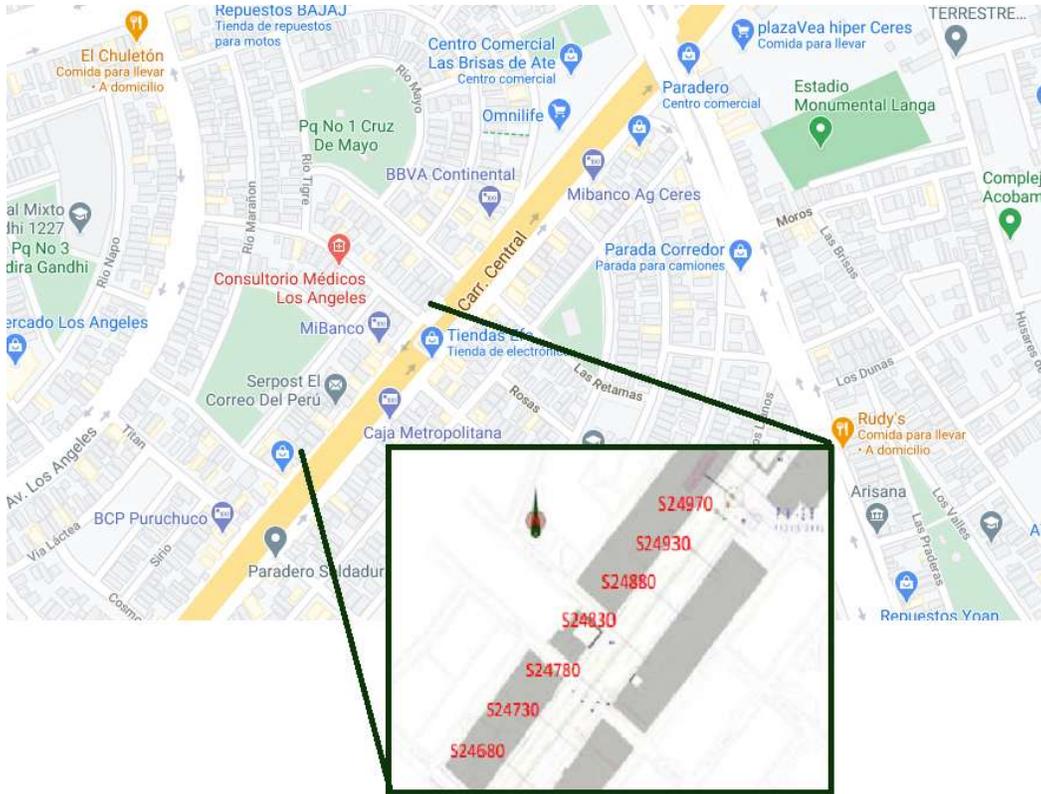


Figura 12. Secciones de monitoreo (Consortio Metro 2 Lima, 2016)

### 3.1 Proceso de excavación en túnel de dos vías

- **Fase I:** En fase 1, el inicio de los trabajos de excavación se da con la ejecución de obras en el entronque pozo-túnel, para ello se ejecuta un sostenimiento del terreno con la ejecución de un paraguas de micropilotes, con la finalidad de garantizar la seguridad de la obra.
- **Fase II:** Luego de ejecutar los paraguas de micropilotes se continúa con la demolición de los anillos del entronque en la zona pre marcada de sección del túnel, posterior a ello se ejecuta la excavación de 1.0 m. a sección completa

- **Fase III:** Luego de la excavación de 1.0m de pase, se ejecuta la colocación del sello de shotcrete para la estabilización del terreno de 5cm.
- **Fase IV:** Posterior a la colocación del sello se coloca la cercha, fijando las partes inferiores y verificando su posición geométrica con equipos topográficos.
- **Fase V:** En seguida a la colocación de la cercha, se coloca el shotcrete de revestimiento primario que será el sostenimiento mientras se ejecutan los siguientes tramos de excavación.
- **Fase VI:** Se prosigue con la excavación repitiendo las fases desde fase II hasta la fase V hasta llegar a una distancia de 12m del anillo de pozos, posteriormente previa evaluación geológica se realiza la excavación de los siguientes frentes.

Posterior a la ejecución del túnel en el entronque con el pozo se prosigue con la excavación por fases, según el diseño del proceso constructivo (avance y destroza y contra bóveda) hasta completar la totalidad del revestimiento primario. (ver figura 13).

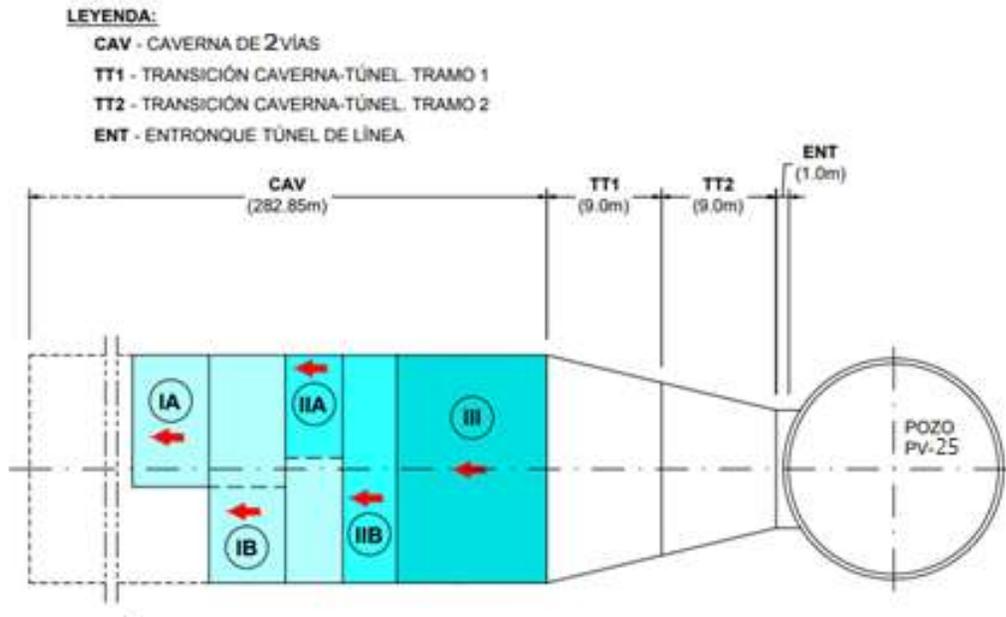


Figura 13. Planta esquemática túnel de dos vías (Consorcio Metro 2 Lima, 2016)

### 3.2 Monitoreo de deformaciones en túnel de dos vías

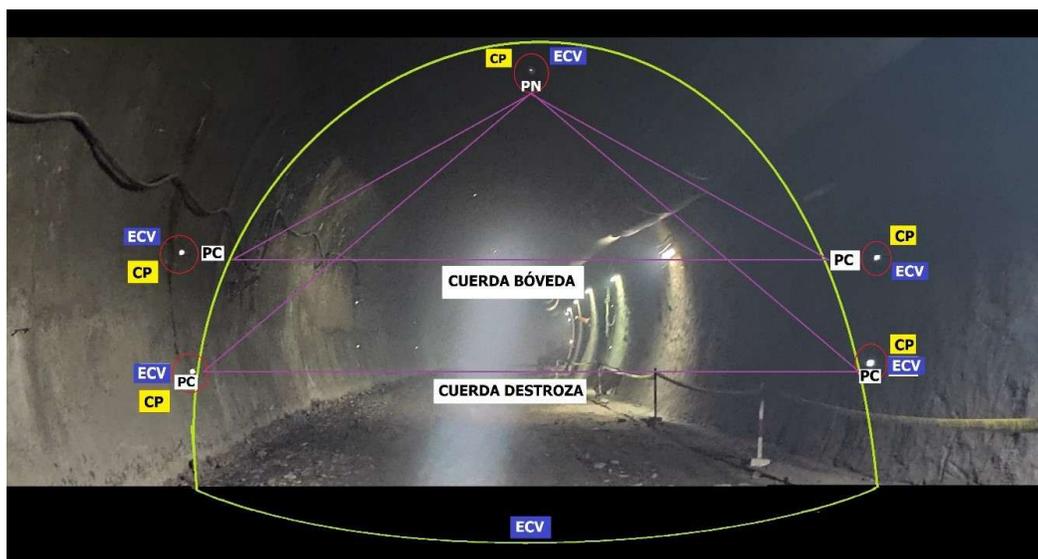


Figura 14. Ubicación de los instrumentos de monitoreo en túnel de dos vías

En la Figura 14. Se muestra las secciones de monitoreo que se toma en cuenta para la realización de esta investigación abarcan desde la sección 24 970 a la sección 24 680, del pozo de ventilación número 25.

Las fechas para el monitoreo considerado en este estudio son del 26 de mayo del 2019 y el 06 de setiembre del 2019

#### 3.2.1 Desarrollo del monitoreo de deformaciones realizado en túnel de dos vías

- Inicio de monitoreo de deformación hasta el 26 de mayo del 2019

La excavación en bóveda se realizó hasta el PK 24+916.3. Se ha cruzado la sección simple con PK 24+930. El máximo valor obtenido es -2.4 mm para el CN249704 al 26 de mayo de 2019.

No se ha cruzado ningún umbral de alarma. Se han monitoreado las secciones PK 24+880, PK 24+930, PK 24+955, PK 24+970 y PK 24+977

Tabla 3. Valores en superficie 26.05.2019 (APPlus, 2019)

INSTRUMENTO	POZO	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
HITO DE NIVELACIÓN	25	HN249703	-1.2	-0.090	23/05/2019 20:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	25	HP248802	-0.2	-0.032	23/05/2019 20:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	25	RN249304	-0.6	-0.056	24/05/2019 14:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	25	CN249704	-2.4	-0.077	25/05/2019 02:00:00

Tabla 4. Valores en túnel (APPlus, 2019)

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	24+977	DM24977PC1PC2	-1.4	-0.133	23/05/2019 02:00:00
		DM24977PC1PC3	-1.7	-0.088	25/05/2019 14:00:00
	24+970	DM24970PC1PC2	-2.5	0.058	22/05/2019 14:00:00
		DM24970PC1PC3	-1.0	-0.166	25/05/2019 08:00:00
	24+955	DM24955PC1PC2	0.1	-0.048	21/05/2019 02:00:00
		DM24955PC1PC3	-3.0	-0.49	25/05/2019 08:00:00
	24+930	DM24930PC1PC2	-0.9	-0.498	25/05/2019 14:00:00
		DM24930PC1PC3	-1.0	-0.501	25/05/2019 08:00:00
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	24+977	HNCV24977	-0.5	-0.08	25/05/2019 14:00:00
	24+970	HNCV24970	-1.4	-0.058	25/05/2019 14:00:00
	24+955	HNCV24955	-2.2	-0.19	22/05/2019 14:00:00
	24+930	HNCV24930	-0.6	-0.349	25/05/2019 14:00:00
PERNOS DE CONVERGENCIA	24+977	DC24977PC2PC3	-1.2		21/05/2019 08:00:00
	24+970	DC24970PC2PC3	-3.1		22/05/2019 02:00:00
	24+955	DC24955PC2PC3	-1.1		24/05/2019 08:00:00
	24+930	DC24930PC2PC3	-1.1		24/05/2019 08:00:00

- Finalización del monitoreo de deformación hasta el 06 de setiembre del 2019

La excavación en bóveda del PK 24+546.00. Se ha cruzado la sección completa con PK 24+680 y la sección simple con PK 24+555. El máximo valor obtenido es -4.2 mm para el HP246804 hasta el 06 de septiembre del 2019 (ver tabla 5). No se ha cruzado ningún umbral de alarma.

En la tabla 6 se muestra que se han monitoreado las secciones PK 24+530, PK 24+555, PK 24+580, PK 24+605, PK 24+630, PK 24+655, PK 24+680, PK 24+705, PK 24+730, PK 24+755, PK 24+780, PK 24+805, PK 24+830, PK 24+855, PK 24+880, PK 24+930, PK 24+955, PK 24+970 y PK 24+977.

Tabla 5. Valores en superficie 06.09.2019 (APPlus, 2019)

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	25	HN246302	-2.3	0.067	02/09/2019 02:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	25	HP246804	-4.2	0.071	02/09/2019 14:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	25	RN246306	-2.3	0.027	04/09/2019 02:00:00

Tabla 6. Valores en túnel (APPlus, 2019)

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	24+977	DM24977PC1PC2	-1.6	-0.019	07/09/2019 14:00:00
		DM24977PC1PC3	-1.5	0.003	07/09/2019 14:00:00
	24+970	DM24970PC1PC2	-2.8	0.026	07/09/2019 14:00:00
		DM24970PC1PC3	-1.0	-0.011	07/09/2019 14:00:00
	24+955	DM24955PC1PC2	-0.8	-0.008	07/09/2019 14:00:00
		DM24955PC1PC3	-2.4	-0.017	07/09/2019 14:00:00
	24+930	DM24930PC1PC2	-2.9	0.026	07/09/2019 14:00:00
		DM24930PC1PC3	-2.2	0.018	07/09/2019 14:00:00
	24+905	DM24905PC1PC2	-2.7	0.03	07/09/2019 14:00:00
		DM24905PC1PC3	-2.8	0.016	07/09/2019 14:00:00
	24+880	DM24880PC1PC2	-1.9	-0.008	07/09/2019 14:00:00
		DM24880PC1PC3	-1.7	0	07/09/2019 14:00:00
	24+855	DM24855PC1PC2	-2.5	-0.022	07/09/2019 14:00:00
		DM24855PC1PC3	-2.8	0.012	07/09/2019 14:00:00
	24+830	DM24830PC1PC2	-0.8	0.016	07/09/2019 14:00:00
		DM24830PC1PC3	-1.1	-0.002	07/09/2019 14:00:00
	24+805	DM24805PC1PC2	-1.2	-0.011	07/09/2019 14:00:00
		DM24805PC1PC3	-1.8	0	07/09/2019 14:00:00
	24+780	DM24780PC1PC2	-1.6	0.01	07/09/2019 14:00:00
		DM24780PC1PC3	-2.3	0.017	07/09/2019 14:00:00
	24+755	DM24755PC1PC2	-1.5	-0.02	07/09/2019 14:00:00
		DM24755PC1PC3	-1.8	0.019	07/09/2019 14:00:00
	24+730	DM24730PC1PC2	-1.1	0.04	07/09/2019 14:00:00
		DM24730PC1PC3	-0.4	-0.029	07/09/2019 14:00:00
	24+705	DM24705PC1PC2	-2.2	0.017	07/09/2019 14:00:00
		DM24705PC1PC3	-1.3	-0.006	07/09/2019 14:00:00
	24+680	DM24680PC1PC2	-3.2	-0.027	07/09/2019 14:00:00
		DM24680PC1PC3	0.0	0.03	07/09/2019 14:00:00
	24+655	DM24655PC1PC2	-0.8	0.022	07/09/2019 14:00:00
		DM24655PC1PC3	-0.6	0.012	07/09/2019 14:00:00
	24+630	DM24630PC1PC2	-1.9	0.077	04/09/2019 02:00:00
		DM24630PC1PC3	-1.4	-0.015	03/09/2019 02:00:00
24+605	DM24605PC1PC2	-0.3	0.001	05/09/2019 02:00:00	
	DM24605PC1PC3	-1.0	-0.007	07/09/2019 14:00:00	
24+580	DM24580PC1PC2	-0.5	-0.062	07/09/2019 08:00:00	
	DM24580PC1PC3	-1.2	-0.176	06/09/2019 14:00:00	
24+555	DM24555PC1PC2	-0.3	-0.137	06/09/2019 20:00:00	
	DM24555PC1PC3	-0.2	-0.077	06/09/2019 08:00:00	

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	24+977	HNCV24977	-1.6	-0.013	07/09/2019 14:00:00
	24+970	HNCV24970	-2.5	-0.005	07/09/2019 14:00:00
	24+955	HNCV24955	-3.0	0.008	07/09/2019 14:00:00
	24+930	HNCV24930	-0.8	0.012	07/09/2019 14:00:00
	24+905	HNCV24905	-4.2	0.003	07/09/2019 14:00:00
	24+880	HNCV24880	0.0	0.002	07/09/2019 14:00:00
	24+855	HNCV24855	-2.1	0	07/09/2019 14:00:00
	24+830	HNCV24830	-0.7	0.01	07/09/2019 14:00:00
	24+805	HNCV24805	-0.8	0.015	07/09/2019 14:00:00
	24+780	HNCV24780	-3.1	0.01	07/09/2019 14:00:00
	24+755	HNCV24755	-1.9	0.001	07/09/2019 14:00:00
	24+730	HNCV24730	-2.1	0.018	07/09/2019 14:00:00
	24+705	HNCV24705	-1.3	0.011	07/09/2019 14:00:00
	24+680	HNCV24680	-1.6	0.016	07/09/2019 14:00:00
	24+655	HNCV24655	-2.2	0.017	07/09/2019 14:00:00
	24+630	HNCV24630	-2.0	0.057	02/09/2019 20:00:00
	24+605	HNCV24605	-2.4	0.048	03/09/2019 20:00:00
	24+580	HNCV24580	-1.2	-0.126	07/09/2019 02:00:00
	24+555	HNCV24555	-0.4	-0.245	07/09/2019 14:00:00
	PERNOS DE CONVERGENCIA	24+977	DC24977PC2PC3	-2.2	
24+970		DC24970PC2PC3	-3.6		07/09/2019 08:00:00
24+955		DC24955PC2PC3	-1.9		07/09/2019 08:00:00
24+930		DC24955PC2PC3	-1.9		07/09/2019 08:00:00
24+905		DC24905PC2PC3	-3.2		07/09/2019 08:00:00
24+880		DC24880PC2PC3	-2.6		07/09/2019 08:00:00
24+855		DC24855PC2PC3	-2.9		07/09/2019 08:00:00
24+830		DC24830PC2PC3	-1.8		07/09/2019 08:00:00
24+805		DC24805PC2PC3	-2.4		07/09/2019 08:00:00
24+780		DC24780PC2PC3	-2.8		07/09/2019 08:00:00
24+755		DC24755PC2PC3	-1.7		07/09/2019 08:00:00
24+730		DC24730PC2PC3	-2.3		07/09/2019 08:00:00
24+705		DC24705PC2PC3	-2.2		07/09/2019 08:00:00
24+680		DC24680PC2PC3	-2.0		07/09/2019 08:00:00
24+655		DC24655PC2PC3	-2.3		07/09/2019 08:00:00
24+630		DC24630PC2PC3	-2.3		05/09/2019 14:00:00
24+605		DC24605PC2PC3	-1.5		07/09/2019 14:00:00
24+580		DC24580PC2PC3	-1.7		05/09/2019 20:00:00
24+555		DC24555PC2PC3	-0.4		07/09/2019 08:00:00

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
INCLINOMETRO	24+880	IN248801	0.7		07/09/2019 02:00:00
		IN248802	0.8		07/09/2019 02:00:00
	24+680	IN246801	0.8		07/09/2019 02:00:00
		IN246802	1.0		07/09/2019 02:00:00
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	24+880	ECV248802LT	-16.5		07/09/2019 14:00:00
		ECV248802LI	17.8		07/09/2019 14:00:00
		ECV248803LI	-37.5		07/09/2019 14:00:00
		ECV248804LI	34.5		07/09/2019 14:00:00
	24+680	ECV246802LT	-115.1		07/09/2019 14:00:00
		ECV246802LI	36.9		07/09/2019 14:00:00
		ECV246803LT	-35.6		07/09/2019 14:00:00
		ECV246803LI	5.5		07/09/2019 14:00:00
		ECV246804LT	-31.9		07/09/2019 14:00:00
		ECV246804LI	-24.6		07/09/2019 14:00:00
CÉLULAS DE PRESIÓN	24+880	CP248802R	-23.6		07/09/2019 14:00:00
		CP248803R	-7.5		07/09/2019 14:00:00
		CP248804R	-16.8		07/09/2019 14:00:00
	24+680	CP246802R	-1.6		07/09/2019 14:00:00
		CP246803R	-6.8		07/09/2019 14:00:00
		CP246804R	17.6		07/09/2019 14:00:00

A continuación, en la figura 15 se muestra el monitoreo en superficie. El monitoreo de túnel se muestra en anexos.

En la figura 15 se muestra los instrumentos de nivelación ubicadas en superficies, tal como el hito de nivelación HN245303 ubicado en el eje y los puntos de control en el túnel. Esta imagen muestra una fase de excavación.

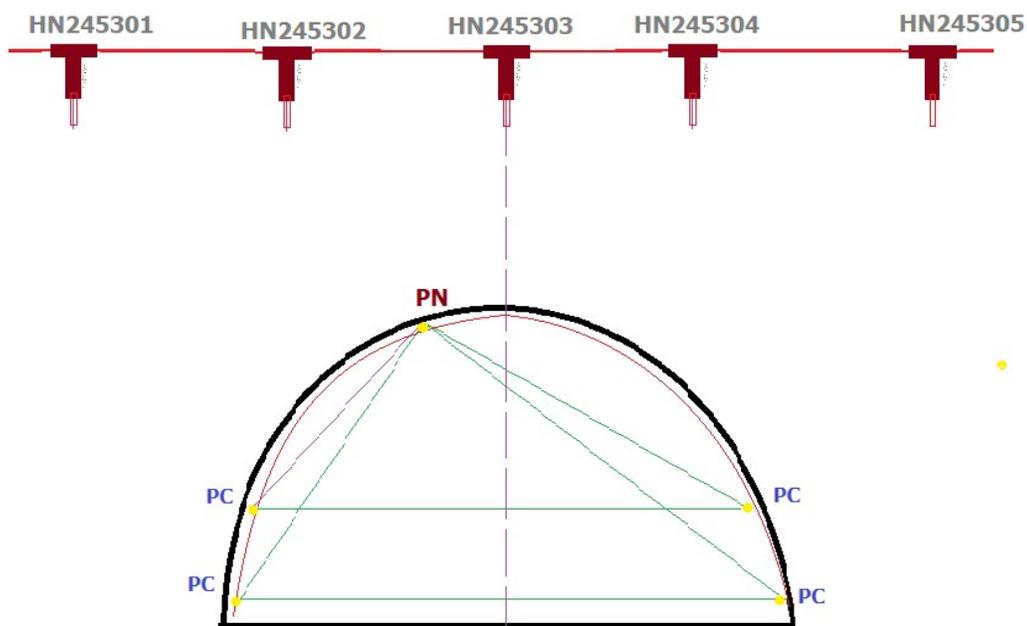


Figura 15. PK 24 530 (APPlus, 2019)

En la figura 16 se muestra los resultados de las mediciones. Al inicio la medición es de cero y posterior a la excavación se ve ciertas deformaciones.

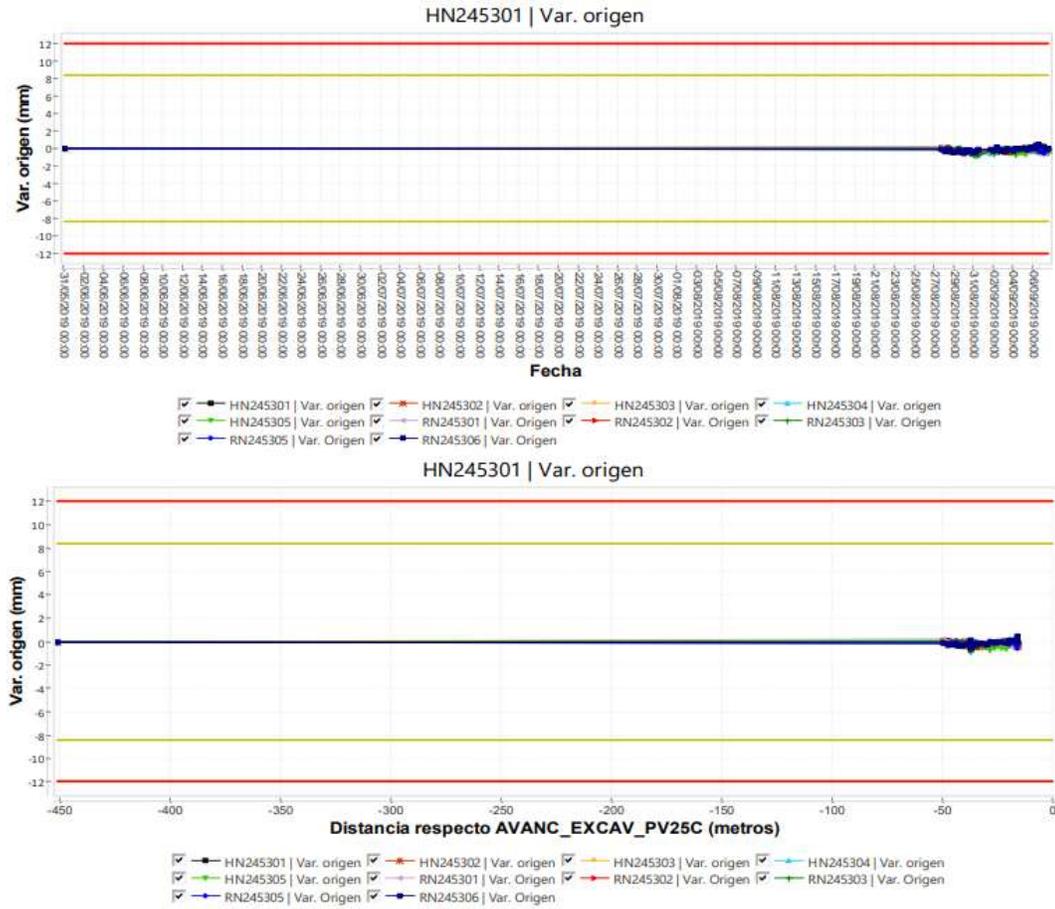


Figura 16. PK 24 530 Var. Origen (APPlus, 2019)

En la figura 17 se muestra los instrumentos de nivelación ubicadas en superficie, tal como el hito de nivelación HN245803 ubicado en el eje y los puntos de control en el túnel. Esta imagen muestra una fase de excavación.

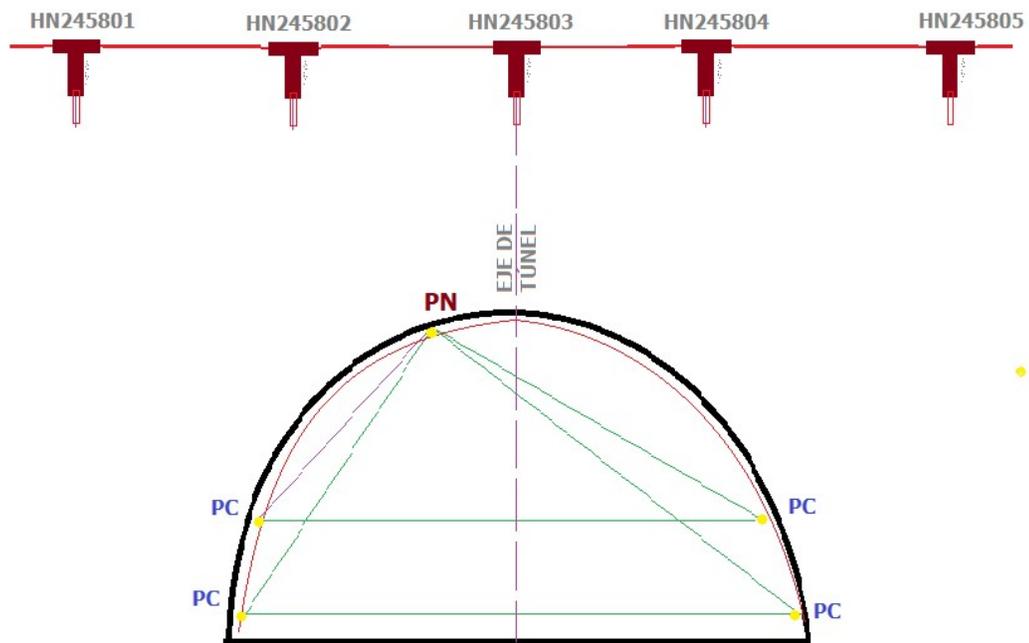


Figura 17. PK 24 580 (APPlus, 2019)

En la figura 18 se muestra los resultados de las mediciones. Al inicio la medición es de cero y posterior a la excavación se ve ciertas deformaciones.

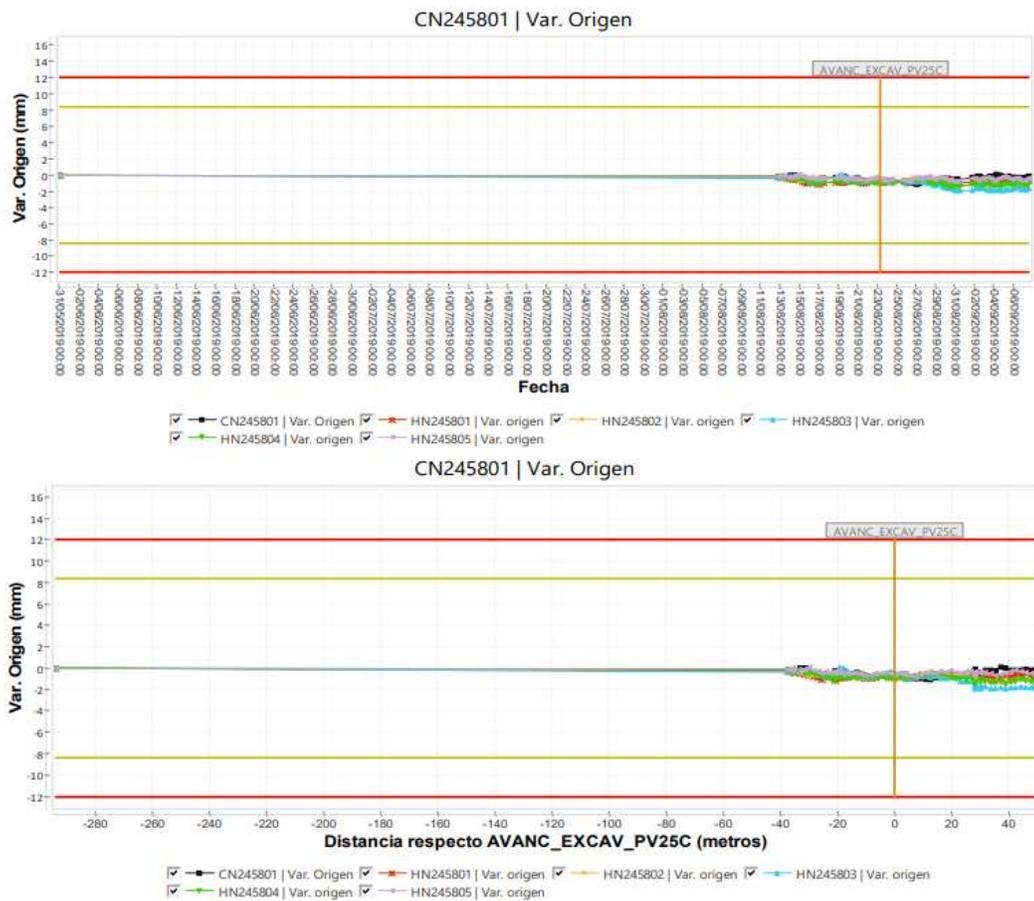


Figura 18. PK 24 580 Var. Origen (APPlus, 2019)

En la figura 19 se muestra los instrumentos de nivelación ubicadas en superficies, tal como el hito de nivelación HN246303 ubicado en el eje y los puntos de control en el túnel. Esta imagen muestra una fase de excavación.

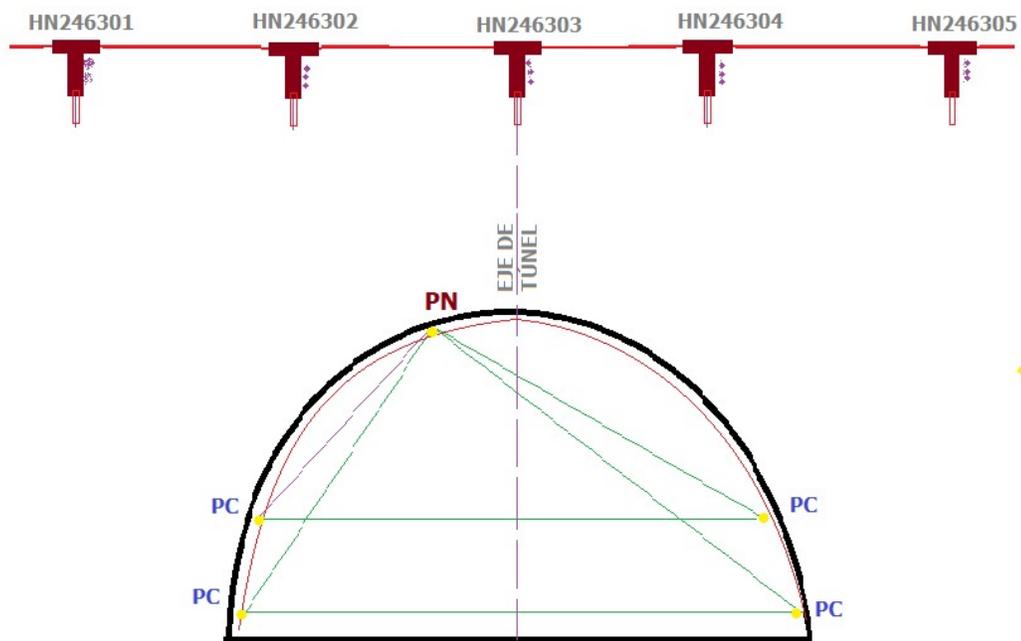


Figura 19. PK 24 630 (APPlus, 2019)

En la figura 20 se muestra los resultados de las mediciones. Al inicio la medición es de cero y posterior a la excavación se ve ciertas deformaciones.

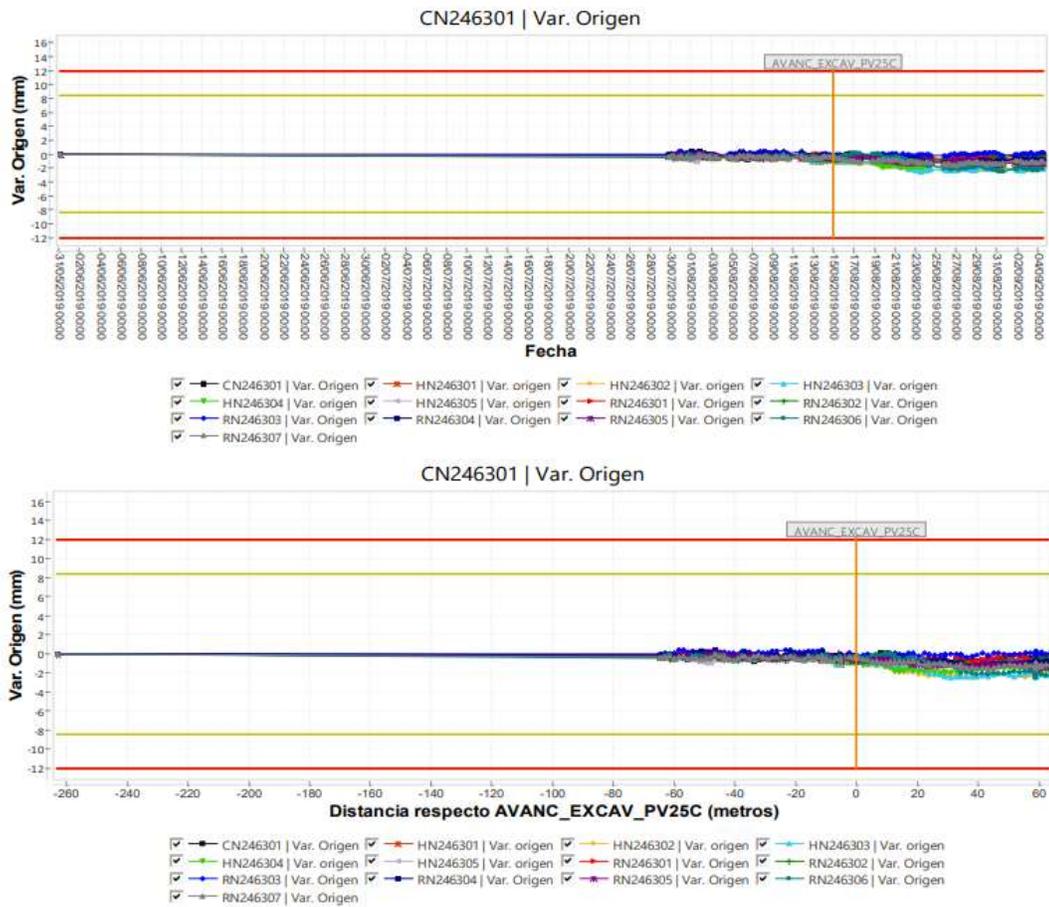


Figura 20. PK 24 630 Var. Origen (APPlus, 2019)

En la figura 21. Del PK 24 680 se tiene una sección completa de monitoreo, por lo que en esta sección adicional a los instrumentos de una sección simple se coloca los instrumentos de nivelación ubicadas en superficie, tal como los hitos HN246802, HN246805 Y HN246807, las cuales son instrumentos de medición profunda además de los inclinómetros.

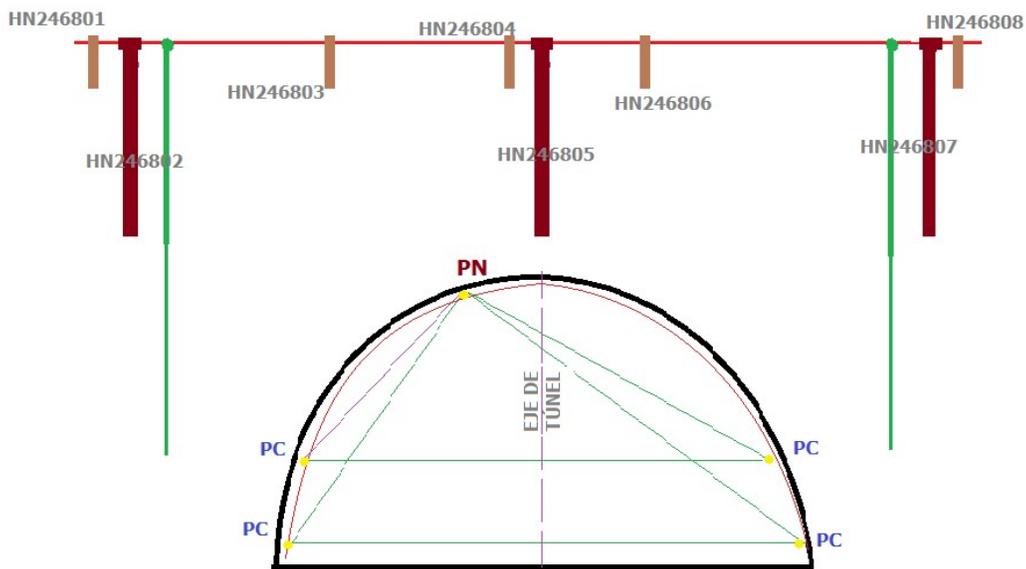


Figura 21. PK24 680 (APPlus, 2019)

En la figura 22 se muestra los resultados, la cual se puede notar que la desviación ya está llegando a los 4 mm, entonces se puede ver que aquí hay una gran diferencia más el hito de color rojo, que es el hito de nivelación HN246804 que se va asentado cerca de 4 mm porque se encuentra en el eje.

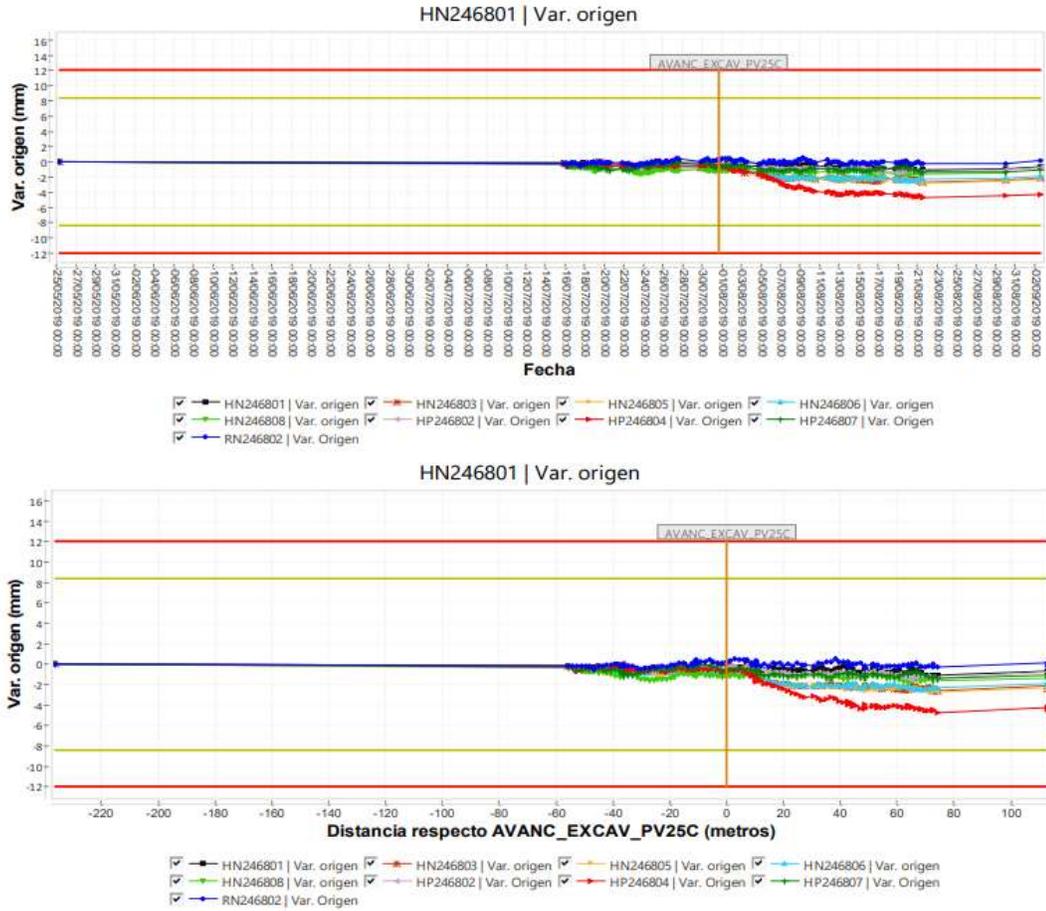


Figura 22. PK 24 680 Var. de Origen (APPlus, 2019)

En la figura 23 se muestra los instrumentos de nivelación ubicadas en superficies, tal como el hito de nivelación HN247303 ubicado en el eje y los puntos de control en el túnel. Esta imagen muestra una fase de excavación.

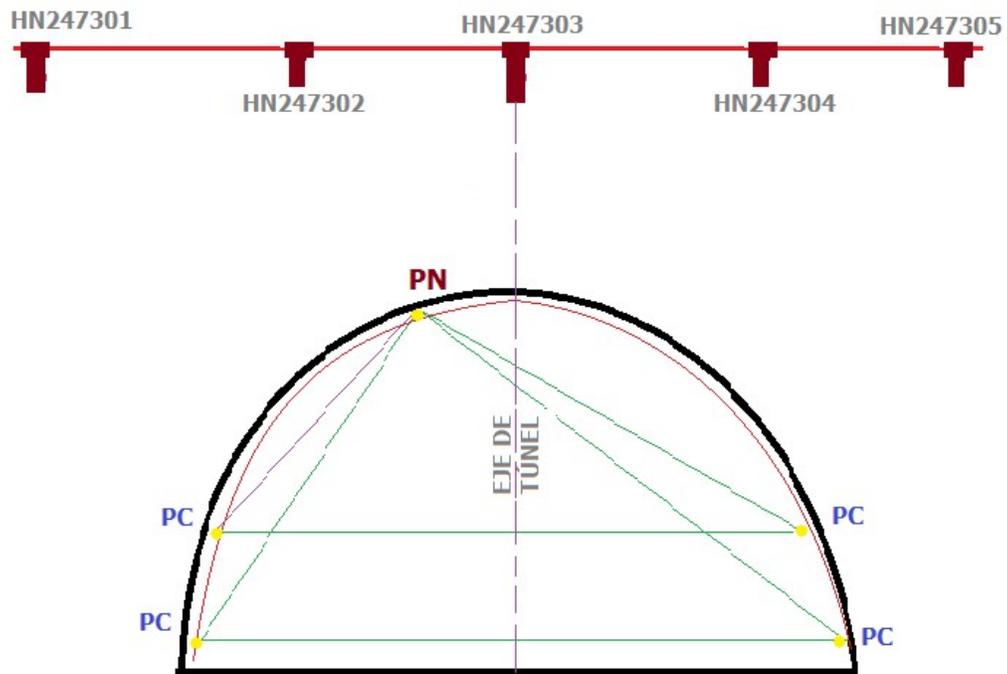


Figura 23. PK 24 730 (APPlus, 2019)

En la figura 24 se muestra los resultados de las mediciones. Al inicio la medición es de cero y posterior a la excavación se ve ciertas deformaciones.

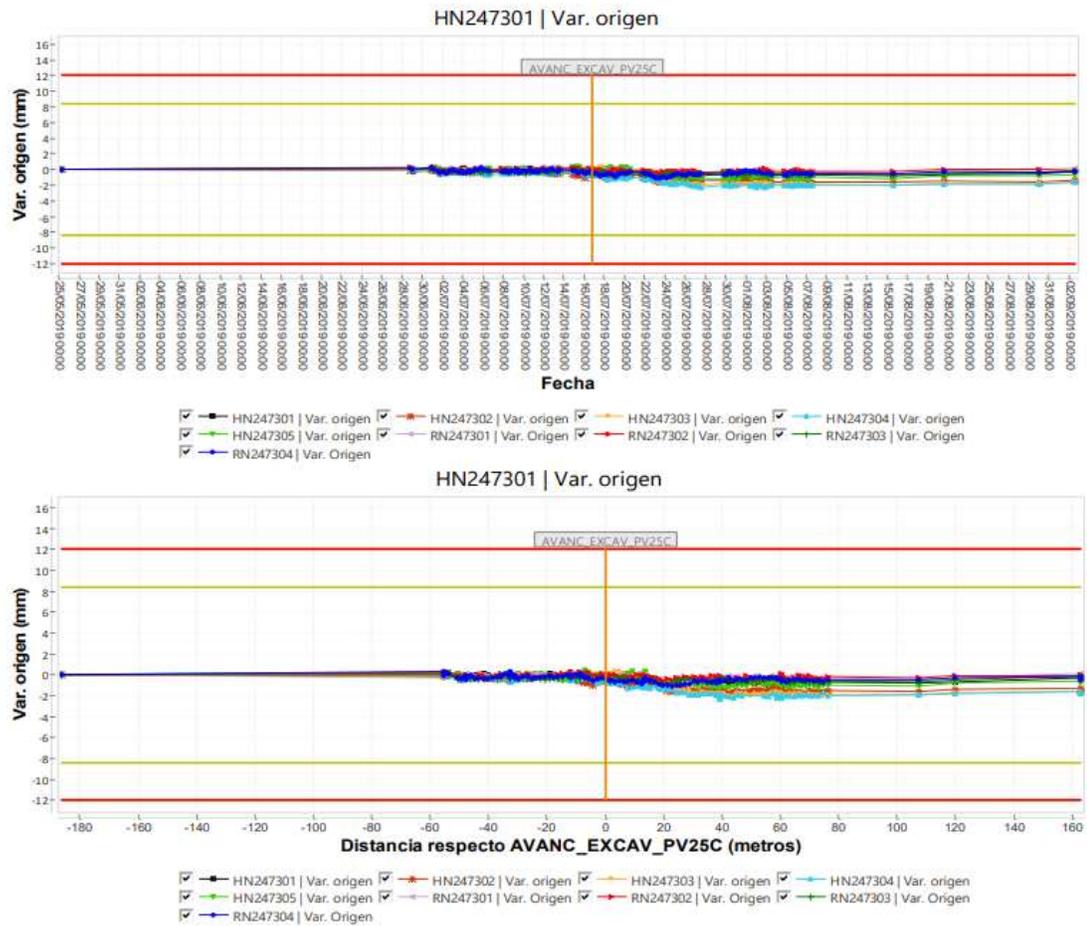


Figura 24. PK 24 730 Var. Origen (APPlus, 2019)

En la figura 25 se muestra los instrumentos de nivelación ubicadas en superficies, tal como el hito de nivelación HN247803 ubicado en el eje y los puntos de control en el túnel. Esta imagen muestra una fase de excavación.

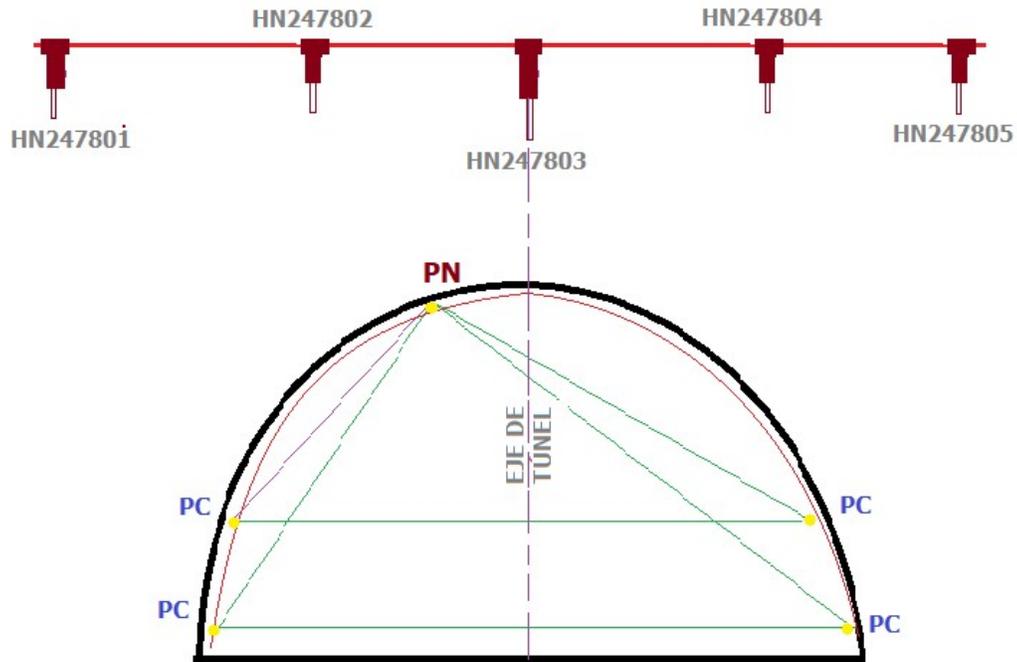


Figura 25. PK 24 780 (APPlus, 2019)

En la figura 26 se muestra los resultados de las mediciones. Al inicio la medición es de cero y posterior a la excavación se ve ciertas deformaciones.

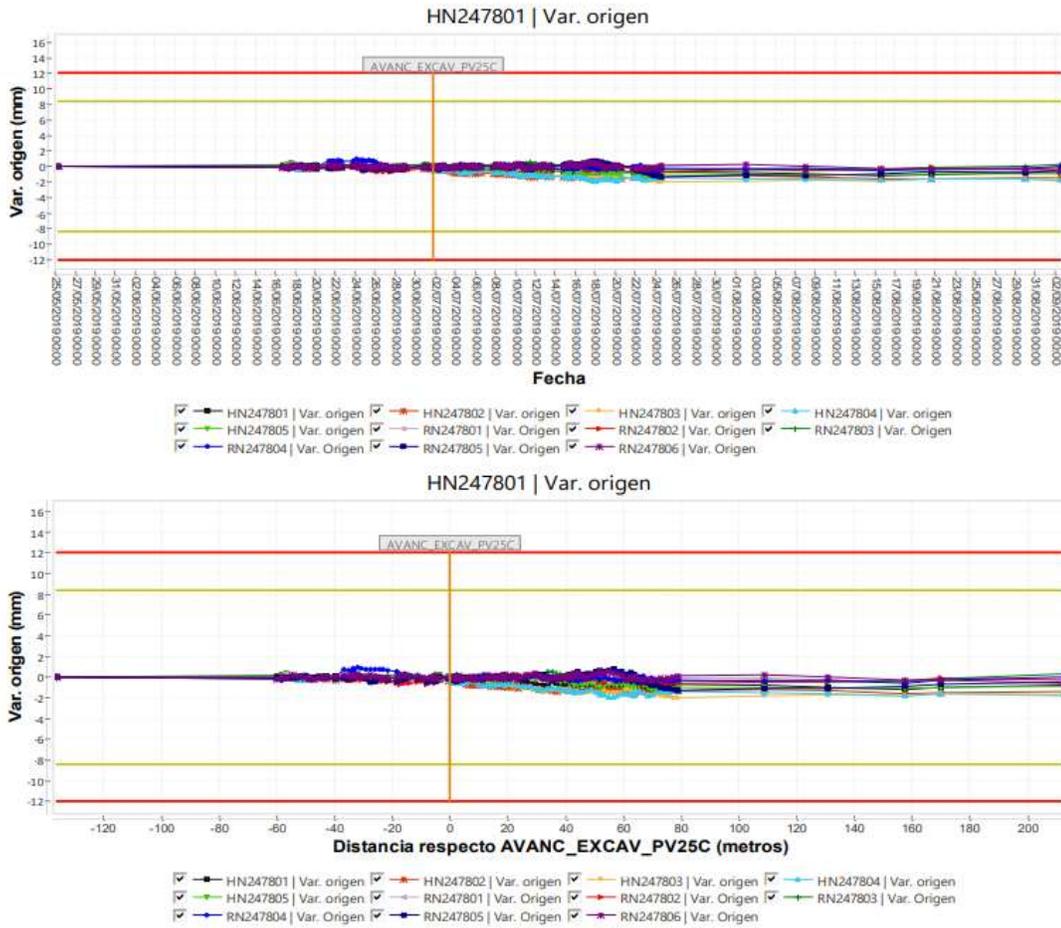


Figura 26. PK 24 780 Var. Origen (APPlus, 2019)

En la figura 27 se muestra los instrumentos de nivelación ubicadas en superficies, tal como el hito de nivelación HN248303 ubicado en el eje y los puntos de control en el túnel. Esta imagen muestra una fase de excavación.

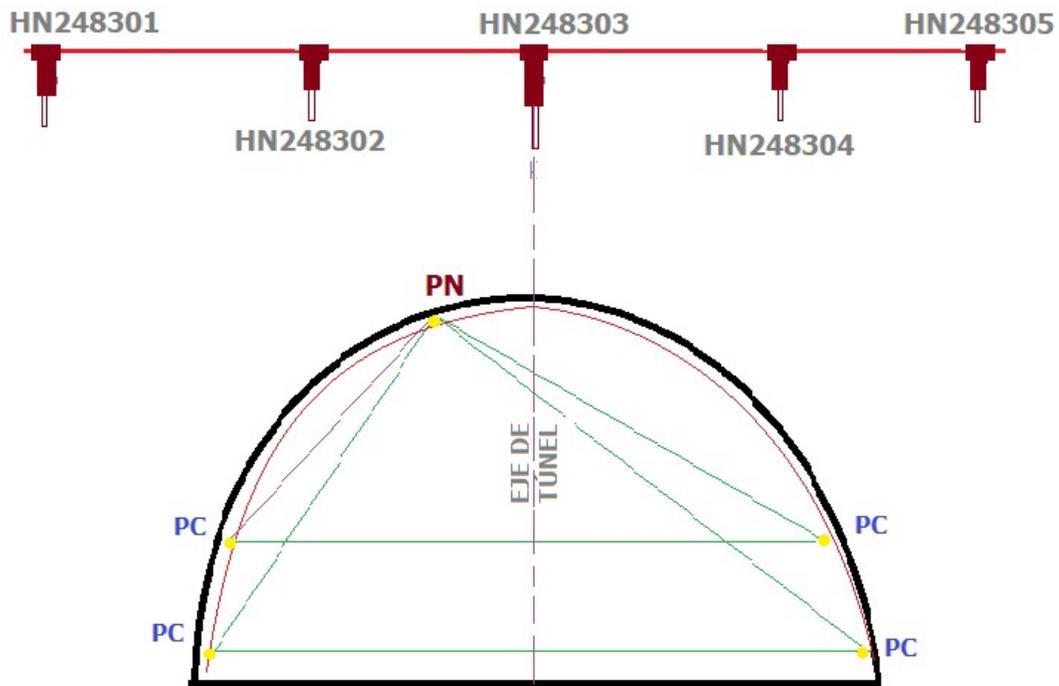


Figura 27. PK 24 830 (APPlus, 2019)

En la figura 28 se muestra los resultados de las mediciones. Al inicio la medición es de cero y posterior a la excavación se ve ciertas deformaciones.

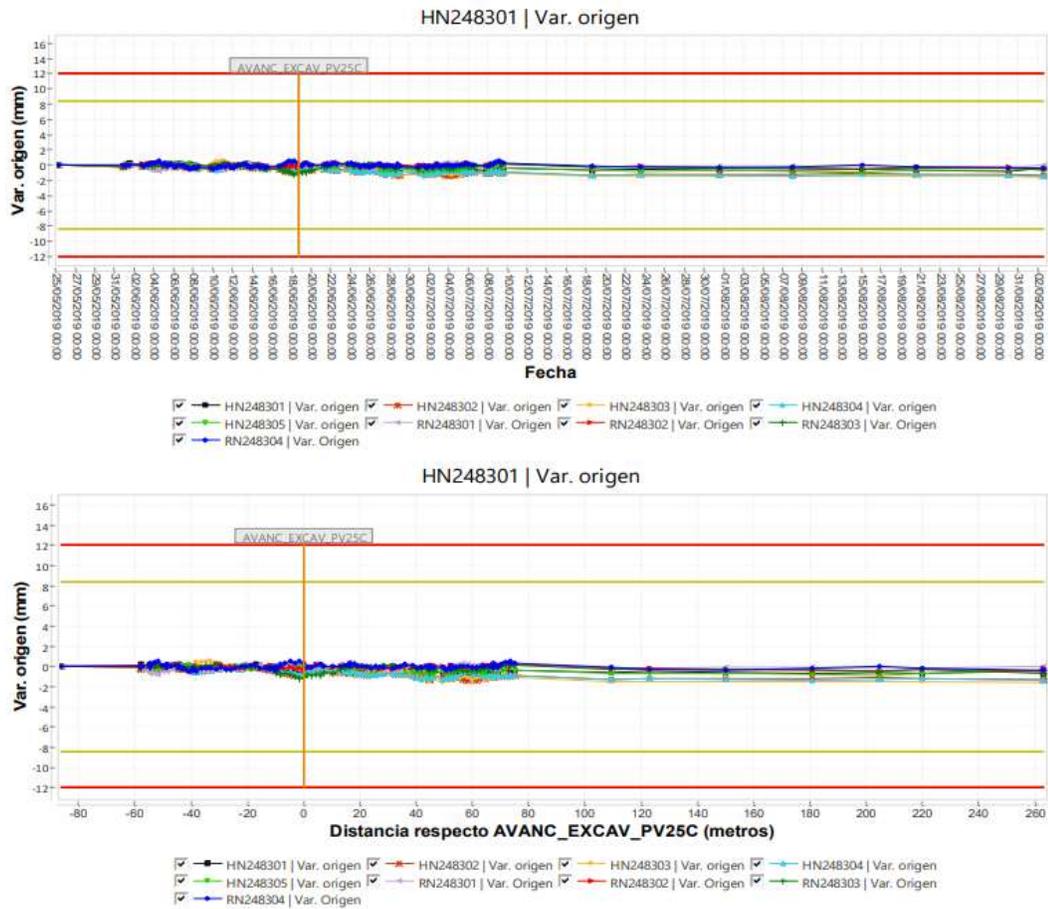


Figura 28. PK 24 830 Var. Origen (APPlus, 2019)

En la figura 29 Del PK 24 880 se tiene una sección completa de monitoreo, por lo que en esta sección adicional a los instrumentos de una sección simple se coloca los instrumentos de nivelación ubicadas en superficies, tal como los hitos HN248802, HN248805 Y HN248806, las cuales son instrumentos de medición profunda además de los inclinómetros.

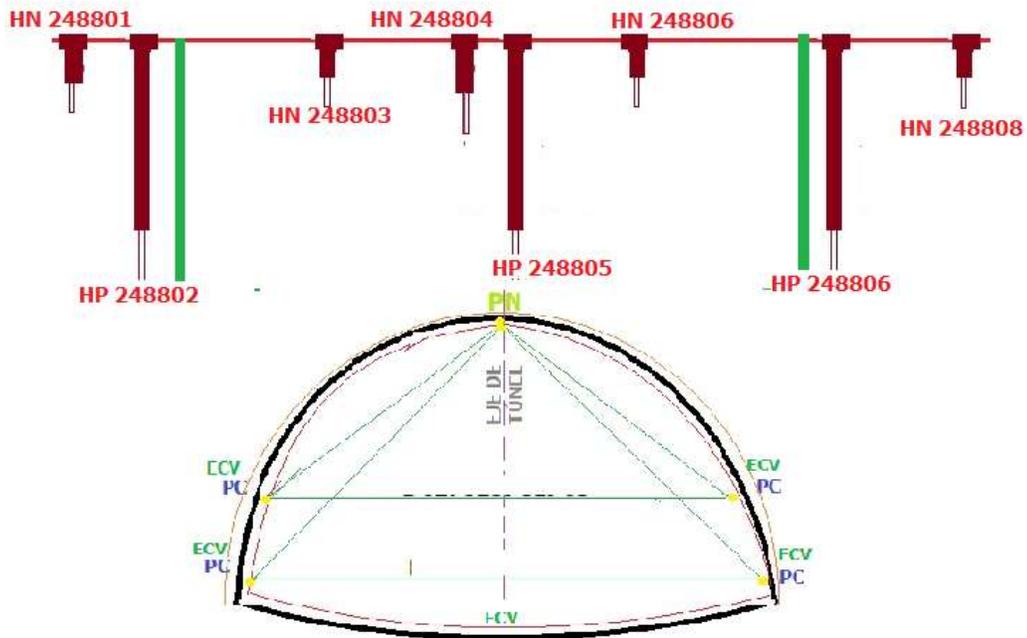


Figura 29. PK24 880 (APPlus, 2019)

En la figura 30 se muestra los resultados, en la cual se puede notar que las desviaciones casi han llegado a los 3 mm, entonces se puede ver que aquí hay una gran diferencia más el hito de color rojo, que es el hito de nivelación HN248803 que se va asentado cerca de 3 mm porque se encuentra en el eje.

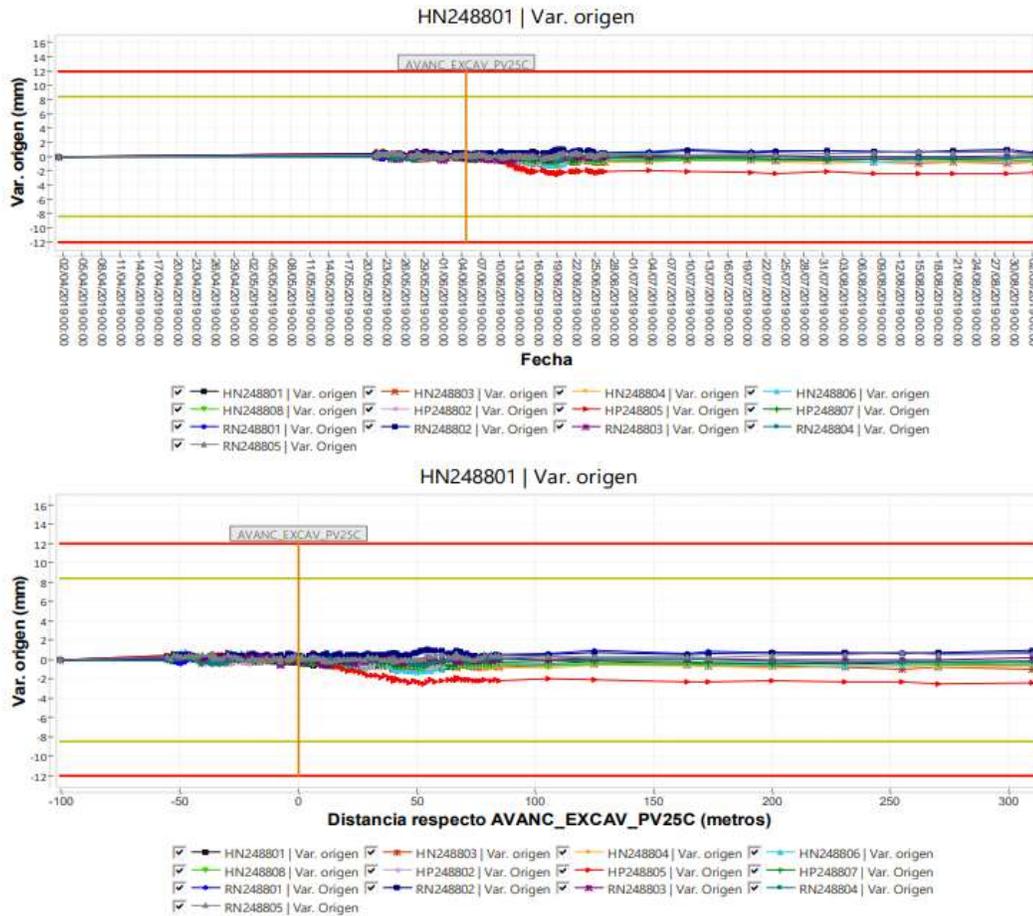


Figura 30. PK 24 880 Var. Origen (APPlus, 2019)

En la figura 31 Se muestra los instrumentos de nivelación ubicados en superficies, tal como el hito de nivelación HN249303 ubicado en el eje y los puntos de control en el túnel. Esta imagen muestra una fase de excavación.

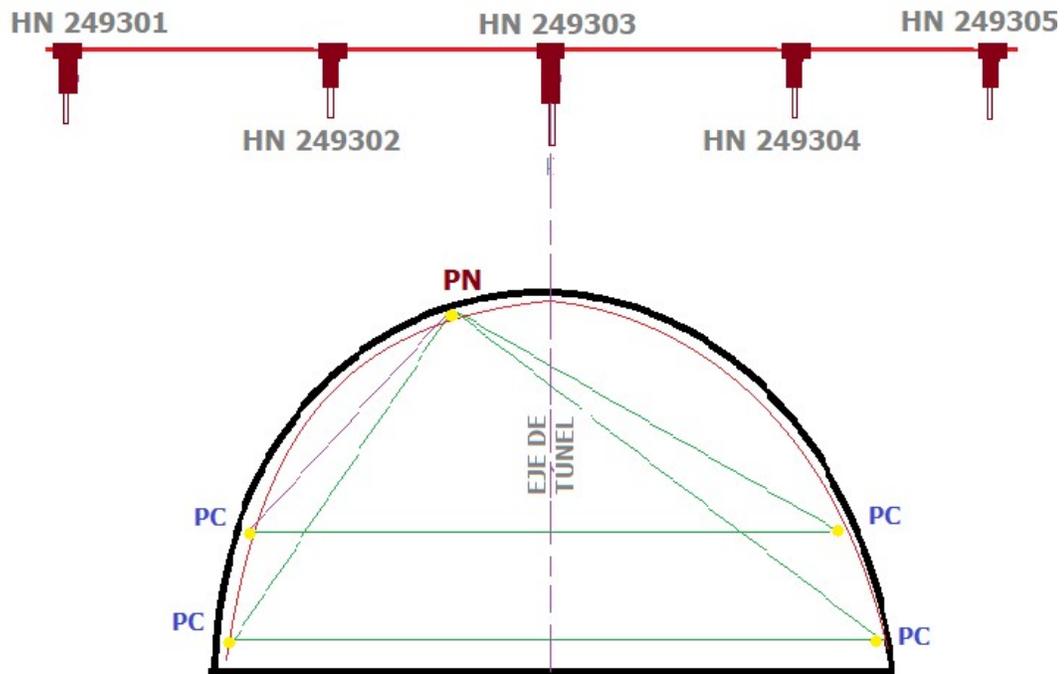


Figura 31. PK24 930 (APPlus, 2019)

En la figura 32 se muestra los resultados de las mediciones. Al inicio de la medición la deformación es leve y posterior a la excavación se ve mayor deformación.

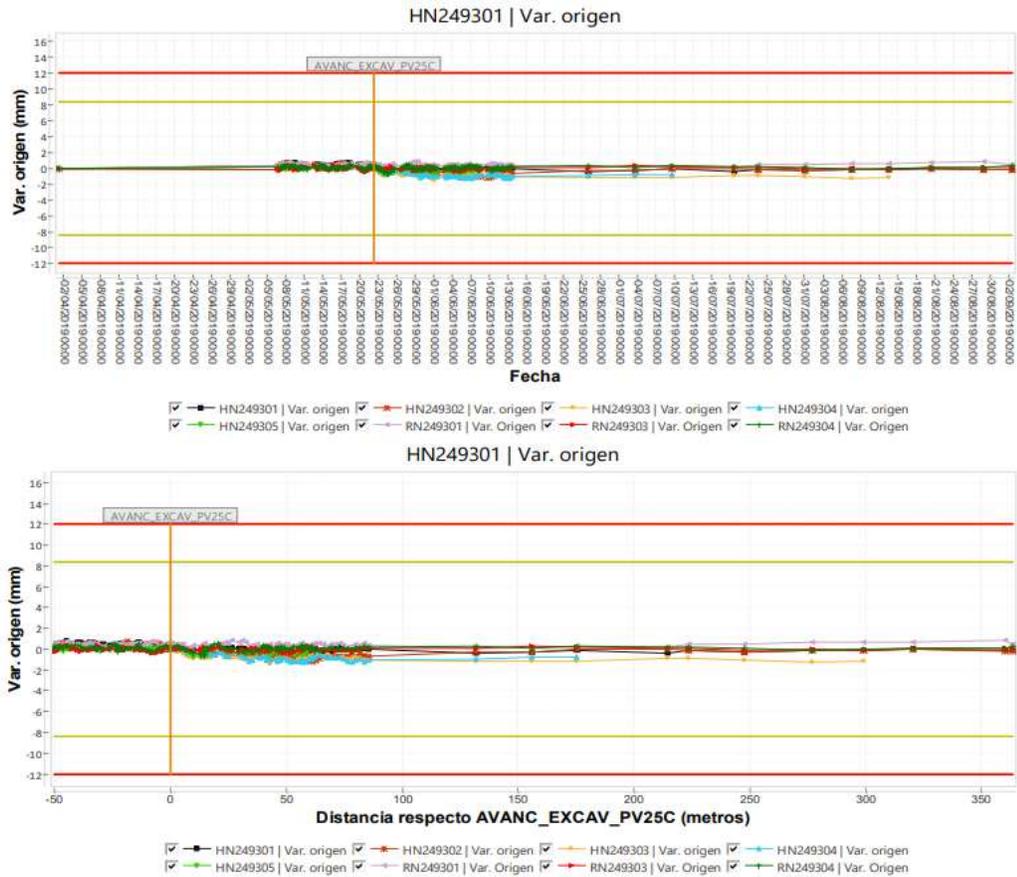


Figura 32. PK 24 930 Var. Origen (APPlus, 2019)

En la figura 33 se muestra los instrumentos de nivelación ubicadas en superficies, tal como el hito de nivelación HN249303 ubicado en el eje y los puntos de control en el túnel. Esta imagen muestra una fase de excavación.

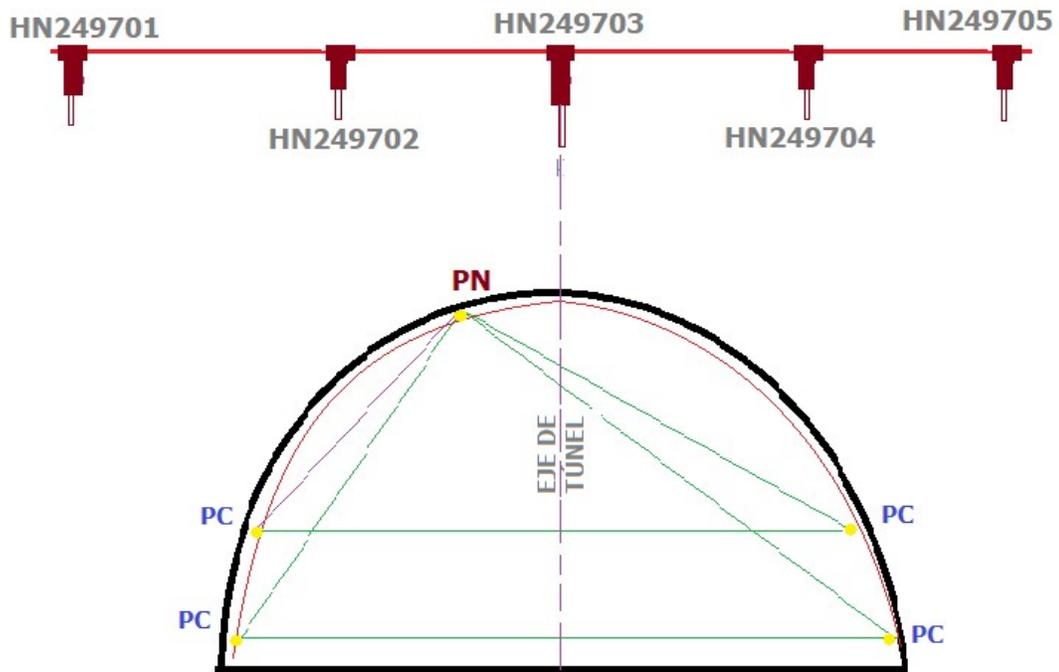


Figura 33. PK 24 970 (APPlus, 2019)

En la figura 34 se muestra los resultados de las mediciones. Al inicio las mediciones son casi todas iguales y posterior a la excavación se ve una deformación.

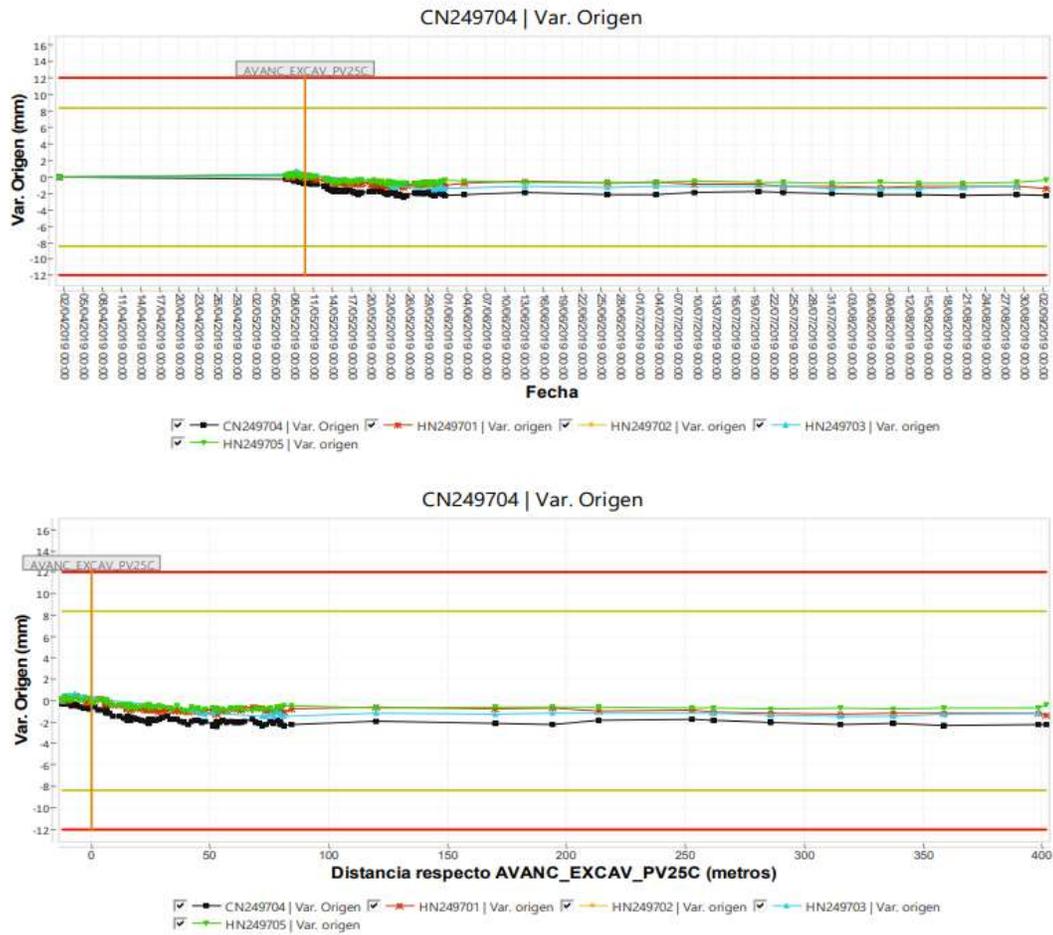


Figura 34. PK24 970 Var. Origen (APPlus, 2019)

### 3.3 Resultados del monitoreo realizado en túnel de dos vías

En la Tabla 7 se muestran los valores máximos que se han obtenido durante la construcción del revestimiento primario del túnel de cuatro vías, estos valores han sido extraídos del total de lecturas que se han mostrado en la sección 3.2.1.

Tabla 7. Cuadro resumen de valores máximos (APPlus, 2019)

Instrumento	Pozo	Código	Máximo valor registrado (mm)	Velocidad de deformación (mm/día)
Hito de nivelación	25	HN246302	-2.3	0.067
Hito de nivelación profunda	25	HP246804	-4.2	0.071
Regleta de nivelación	25	RN246306	-2.3	0.027
Dianas de convergencia	24+680	DM24680PC1PC2	-3.2	-0.027
Miniprisma de convergencia	24+905	HNCV24905	-4.2	0.003
Pernos de convergencia	24+970	DC24970PC2PC3	-3.6	
Inclinómetro	24+680	IN246802	1.0	
Extensómetro de cuerda vibrante	24+680	ECV246802LT	-115.1	
Células de presión	24+880	CP248802R	-23.6	

## Capítulo IV. Auscultación en túneles de cuatro vías.

En la figura 35 se muestra el túnel de cuatro vías que se estudia en la presente tesis comparativa. La ejecución de este túnel inicia aproximadamente en el PK. 17+800 hasta el PK 18+130. Esta tercera vía está ubicada entre el túnel de línea y el Pozo de ventilación 19. Ver la leyenda de la tabla 8.



Figura 35. Planta de la sección de monitoreo (Consorcio Metro 2 Lima, 2016)

Tabla 8. Leyenda de la sección de monitoreo (Consorcio Metro 2 Lima, 2016)

	<b>Punto de monitoreo de movimientos en superficie (PMMS)</b>
	Punto de monitoreo profundo (PMP)
	Punto de monitoreo estructuras (PME)
	Monitoreo de Túnel (convergencia y nivelación clave)
	Piezómetro (PZ) para control de Dewatering
	Piezómetro existente

#### 4.1 Procedimiento de excavación en túneles de cuatro vías

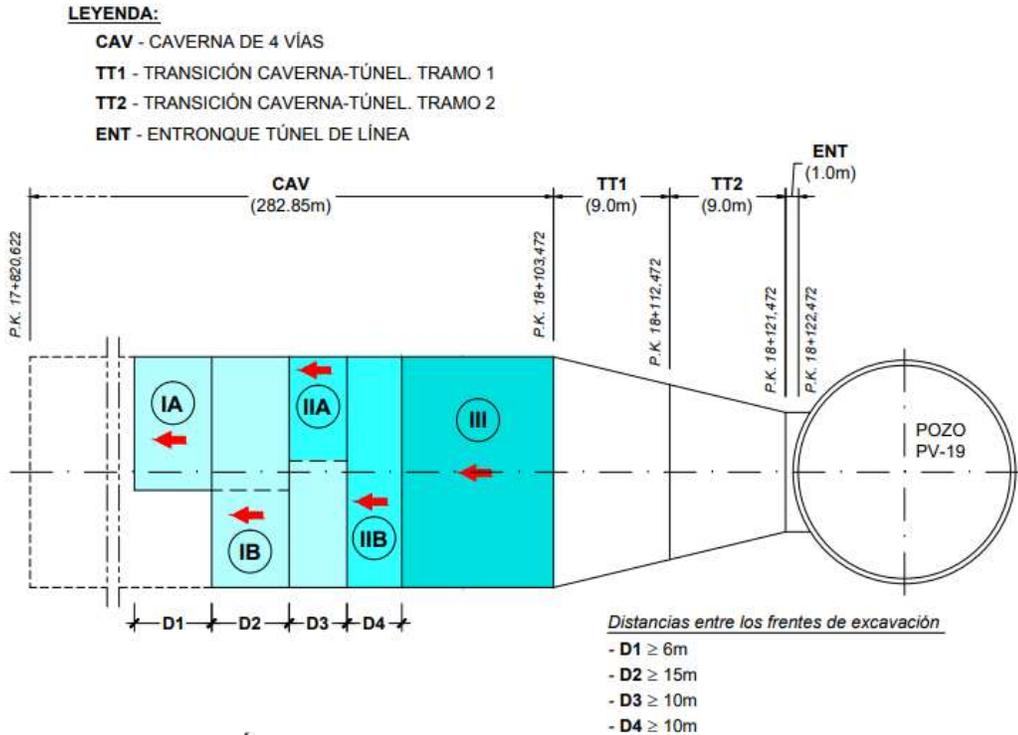


Figura 36. Planta esquemática (Consortio Metro 2 Lima, 2016)

Teniendo en cuenta la calidad geotécnica de los terrenos atravesados por el túnel, la excavación se realiza por medios mecánicos para obviar riesgos en la excavación. Se debe conocer la longitud de los pases de excavación para el correcto revestimiento de la caverna. Los avances de la excavación serán desde 1 metro a 2 metros máximo.

La logística para la ejecución de este tipo de obras es muy importante pues se requiere equipo especializado e instalaciones necesarias para dar inicio (ver figura 36).

##### Fase IA (Lado izquierdo)

En la Fase IA, se debe realizar la excavación de la bóveda IA, luego debe efectuarse el sello de 5cm. En la parte superior (bóveda) y en los lados, se debe tener especial cuidado en colocar sello también en el muro temporal para luego colocar el sostenimiento (llamado revestimiento primario en el proyecto) compuesto de cerchas metálicas y sprayed concrete (concreto proyectado), se pone mucha atención a la colocación de sprayed concrete en la “pata de elefante” que será el soporte en esta fase de construcción (ver figura 36).

**Fase IB (Lado derecho)**

La fase 1B completa la ejecución del tramo en bóveda, es decir que se tiene que excavar hasta completar la totalidad de la sección en bóveda, para ello se realiza la demolición del muro temporal, luego se coloca el sello de sprayed concrete, cerchas metálicas y se completa el espesor de revestimiento primario (ver figura 36).

**Fase II**

En esta fase se excava el sector conocido como destroza y se realiza en dos partes la primera parte IIA se excava, se coloca el sello de sprayed concrete, luego la cercha metálica y se completa el espesor total de sprayed concrete, para completar esta etapa luego de lograr un desfase de 6m se procede con el lado IIB, siguiendo el procedimiento de ejecución de la fase IIA (ver figura 36).

**Fase III**

Esta fase se ejecuta luego de completar la fase II, el requisito para iniciar con esta fase es que la fase II este ejecutada hasta una distancia mayor a 10m, siguiendo las recomendaciones del diseño de proceso constructivo (ver figura 36).

**Fase IV**

Luego de ejecutar la contrabóveda en la fase III, se procede con el refine del sector en contrabóveda para colocar los mantos de impermeabilización y posteriormente la estructura de concreto armado que corresponde a la losa de fondo

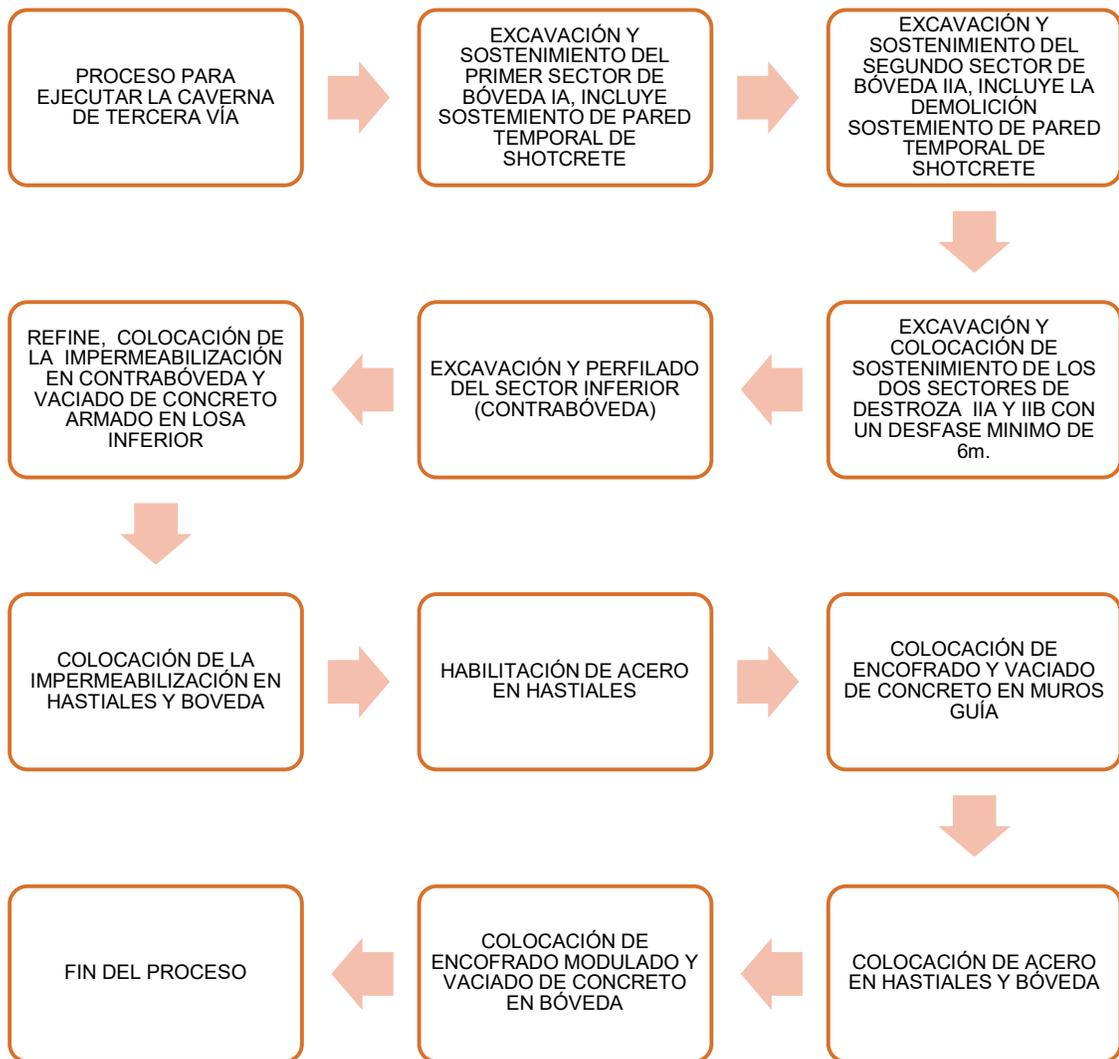
**Fase V**

En esta fase se completa la impermeabilización y el concreto armado de toda la sección del túnel. como se muestra en la figura 37, y en la tabla 9 se ve proceso de excavación en túnel de 4 vías hasta su finalización.



Figura 37. Fase V

Tabla 9. Proceso de excavación en túnel de 4 vías



## 4.2 Monitoreo de túneles de cuatro vías

### 4.2.1 Desarrollo del monitoreo en túnel de cuatro vías

El túnel de cuatro vías inicio su excavación en diciembre del 2018, en el presente estudio se tomará principal atención a los instrumentos de monitoreo de las secciones S17825, S17875, S17925 y S17975 (ver figura 38).



Figura 38. Área de estudio (APPlus, 2019)

Los monitoreos realizados entre el 24 de marzo del 2019 hasta el 18 de agosto del 2019 se pueden apreciar en el anexo 1, los siguientes datos solo muestran los monitoreos que tomaremos para hacer la comparación de deformaciones así. como se muestra en la tabla 10.

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+765.44 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -11.6 mm para el instrumento de medición HM180754. Hasta el 25 de agosto del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT y el instrumento HNCV 17975 han cruzado el primer umbral de alarma como se muestra en la tabla 11.

Tabla 10. Valores en superficie 25.08.2019 (APPlus, 2019)

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-8.5	-0.063	19/08/2019 14:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP178755	-11.6	-0.159	20/08/2019 14:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN178754	-2.7	-0.096	23/08/2019 08:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM177754	-2.7		19/08/2019 08:00:00

Tabla 11. Valores en túnel (APPlus, 2019)

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-5.1	0.002	20/08/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC3	-3.0	0.078	20/08/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC4	1.2	0.044	22/08/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC5	-0.9	0.047	20/08/2019 14:00:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-4.1	0.039	20/08/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC3	-3.4	-0.03	22/08/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC4	-1.3	0	22/08/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC5	-1.9	0.077	20/08/2019 14:00:00
	17+925	DM17925PC1PC2	-4.7	-0.063	22/08/2019 14:00:00
		DM17925PC1PC3	-4.1	0.039	20/08/2019 14:00:00
		DM17925PC1PC4	-1.5	0	22/08/2019 14:00:00
		DM17925PC1PC5	-1.1	0.029	20/08/2019 14:00:00
	17+900	DM17900PC1PC2	-4.6	-0.049	20/08/2019 14:00:00
		DM17900PC1PC3	-2.3	-0.032	20/08/2019 14:00:00
		DM17900PC1PC4	-0.2	-0.027	20/08/2019 14:00:00
		DM17900PC1PC5	-0.8	-0.032	20/08/2019 14:00:00
	17+875	DM17875PC1PC2	-5.0	0.056	23/08/2019 14:00:00
		DM17875PC1PC3	-3.0	-0.173	19/08/2019 20:00:00
		DM17875PC1PC4	-0.8	-0.156	24/08/2019 14:00:00
		DM17875PC1PC5	-0.3	-0.075	20/08/2019 02:00:00
	17+850	DM17850PC1PC2	-4.7	-0.144	24/08/2019 14:00:00
		DM17850PC1PC3	-2.6	-0.087	23/08/2019 08:00:00
		DM17850PC1PC4	-1.3	-0.146	24/08/2019 14:00:00
		DM17850PC1PC5	-0.2	-0.027	20/08/2019 02:00:00
	17+825	DM17825PC1PC2	-4.1	-0.031	20/08/2019 08:00:00
		DM17825PC1PC3	-3.4	-0.096	23/08/2019 02:00:00
		DM17825PC1PC4	-0.9	-0.079	21/08/2019 20:00:00
		DM17825PC1PC5	0.6	0.129	19/08/2019 08:00:00
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	17+975	HNCV17975	-18.5	-0.035	22/08/2019 14:00:00
	17+950	HNCV17950	-15.6	0.055	20/08/2019 14:00:00
	17+925	HNCV17925	-14.9	-0.07	22/08/2019 14:00:00
	17+900	HNCV17900	-16.5	-0.013	20/08/2019 14:00:00
	17+875	HNCV17875	-10.7	-0.144	20/08/2019 14:00:00
	17+850	HNCV17850	-12.2	-0.083	22/08/2019 08:00:00
	17+825	HNCV17825	-13.8	0.034	22/08/2019 14:00:00

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA	
PERNOS DE CONVERGENCIA	17+975	DC17975PC2PC3	-5.2		20/08/2019 08:00:00	
		DC17975PC4PC5	-2.1		20/08/2019 08:00:00	
	17+950	DC17950PC2PC3	-5.8		20/08/2019 08:00:00	
	17+925	DC17925PC2PC3	-5.5		20/08/2019 08:00:00	
	17+900	DC17900PC2PC3	-5.0		20/08/2019 02:00:00	
		DC17900PC4PC5	-1.3		20/08/2019 08:00:00	
	17+875	DC17875PC2PC3	-4.4		19/08/2019 08:00:00	
		DC17875PC4PC5	-1.4		21/08/2019 20:00:00	
	17+850	DC17850PC2PC3	-4.3		24/08/2019 02:00:00	
		DC17850PC4PC5	-1.1		23/08/2019 08:00:00	
	17+825	DC17825PC2PC3	-2.2		20/08/2019 14:00:00	
		DC17825PC4PC5	-1.1		24/08/2019 14:00:00	
	INCLINOMETRO	17+875	IN178751	3.5		20/08/2019 14:00:00
			IN178752	2.7		20/08/2019 14:00:00
EXTENSÍMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178751LT	-4.6		20/08/2019 14:00:00	
		ECV178751LI	-6.5		20/08/2019 14:00:00	
		ECV178752LT	-41.9		20/08/2019 14:00:00	
		ECV178752LI	-25.4		20/08/2019 14:00:00	
		ECV178753LT	-284.9		20/08/2019 14:00:00	
		ECV178753LI	-60.8		20/08/2019 14:00:00	
		ECV178754LT	-105.7		20/08/2019 14:00:00	
		ECV178754LI	14.7		20/08/2019 14:00:00	
		ECV178755LT	4.1		20/08/2019 14:00:00	
		ECV178755LI	4.2		20/08/2019 14:00:00	
CÉLULAS DE PRESIÓN	17+875	CP178751R	-14.8		20/08/2019 14:00:00	
		CP178752R	-7.7		20/08/2019 14:00:00	
		CP178753R	-18.0		20/08/2019 14:00:00	
		CP178754R	-11.6		20/08/2019 14:00:00	
		CP178755R	-13.0		20/08/2019 14:00:00	

En la figura 39 se muestra los instrumentos de nivelación ubicados en superficies, tal como el hito de ubicación HN177253 ubicado en el eje y los puntos de control en el túnel. Esta imagen muestra una fase de excavación.

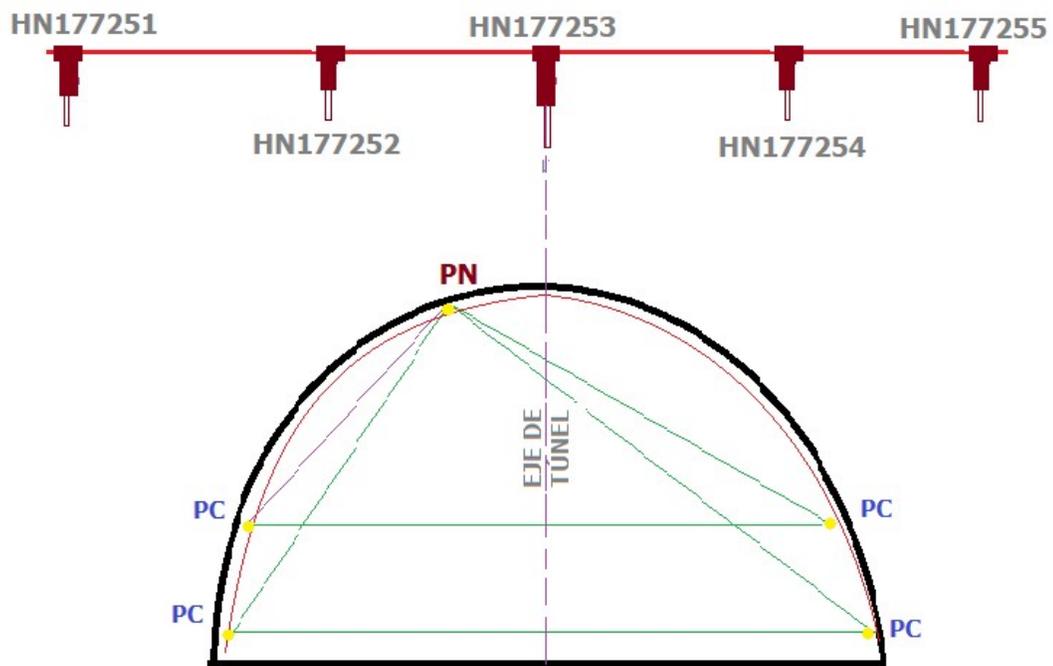


Figura 39. PK 17 725 (APPlus, 2019)

En la figura 40 se muestra los resultados de las mediciones. Al inicio las mediciones son casi todas iguales y posterior a la excavación se ve la deformación.

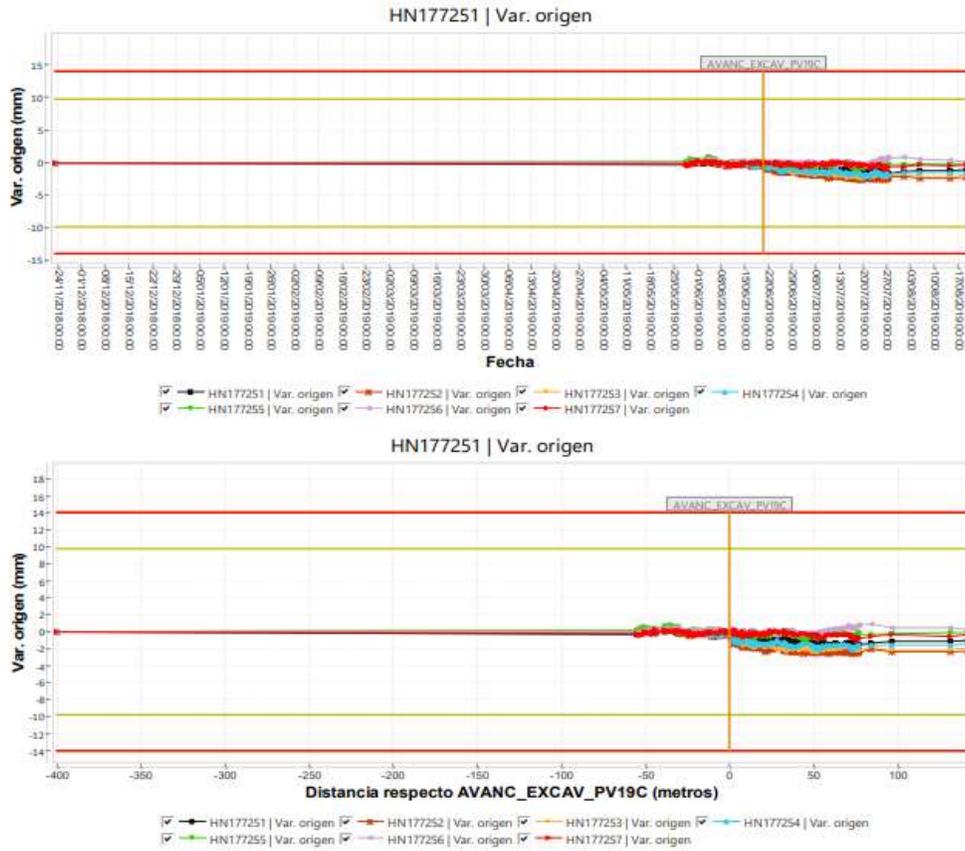


Figura 40. PK 17725 Variación de Origen (APPlus, 2019)

En la figura 41 se muestra los resultados de las mediciones. Al inicio las mediciones son casi todas iguales y posterior a la excavación se ve la deformación.

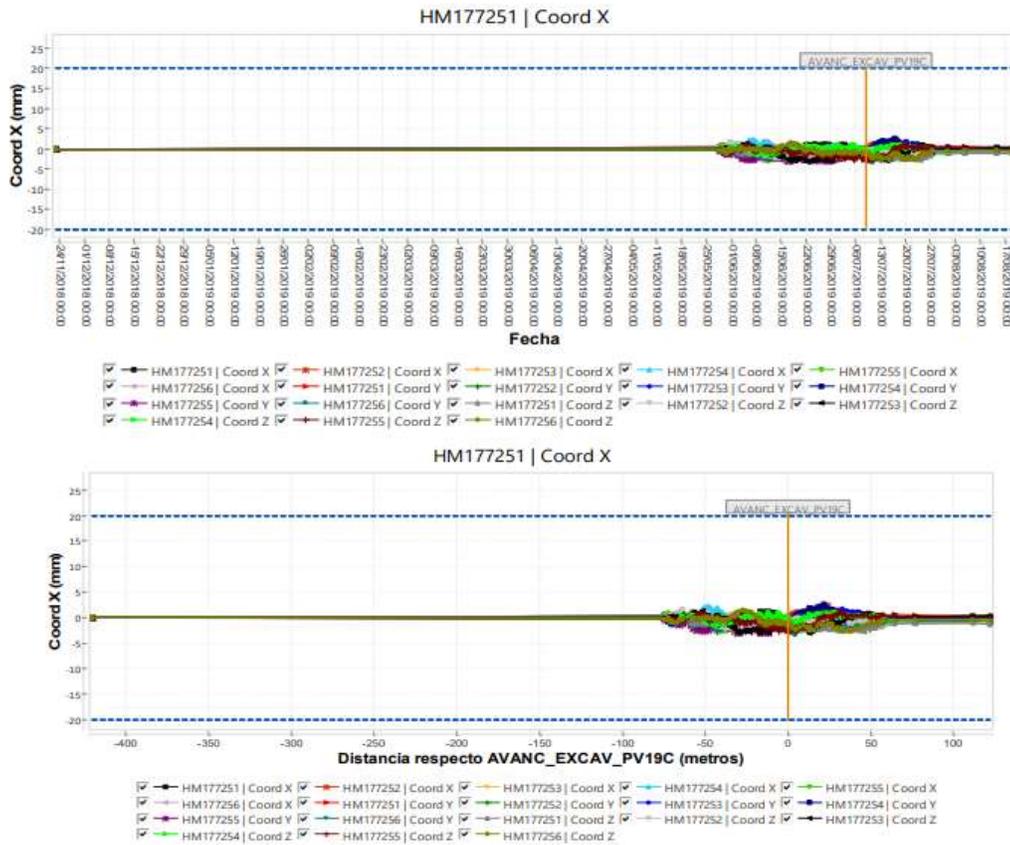


Figura 41. PK 17725 Coord. X (APPlus, 2019)

En la figura 42 se muestra los resultados de las mediciones. Al inicio las mediciones son casi todas iguales y posterior a la excavación se ve la deformación.

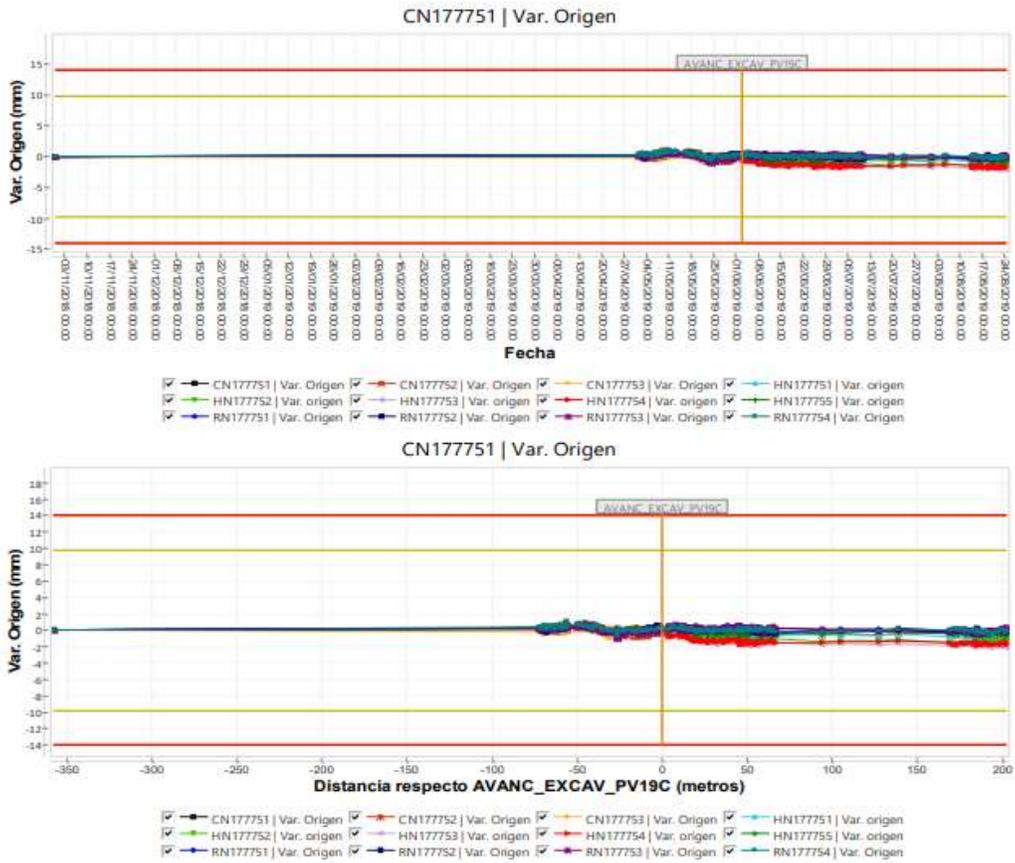


Figura 42. PK 17 775 Var de origen (APPlus, 2019)

En la figura 43 se muestra los resultados de las mediciones. Posterior a la excavación se puede ver la deformación.

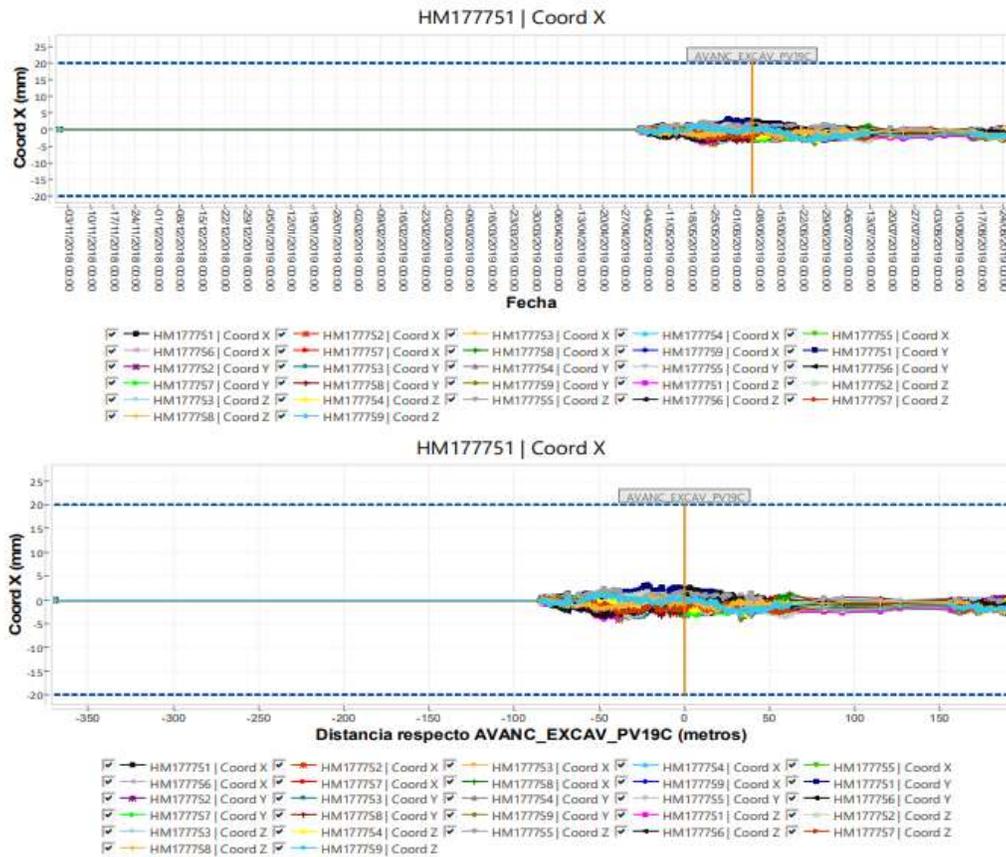


Figura 43. PK17 775 Coord. X (APPlus, 2019)

En la figura 44 se muestra los resultados de las mediciones. Al inicio las mediciones son casi todas iguales y posterior a la excavación se ve una deformación.

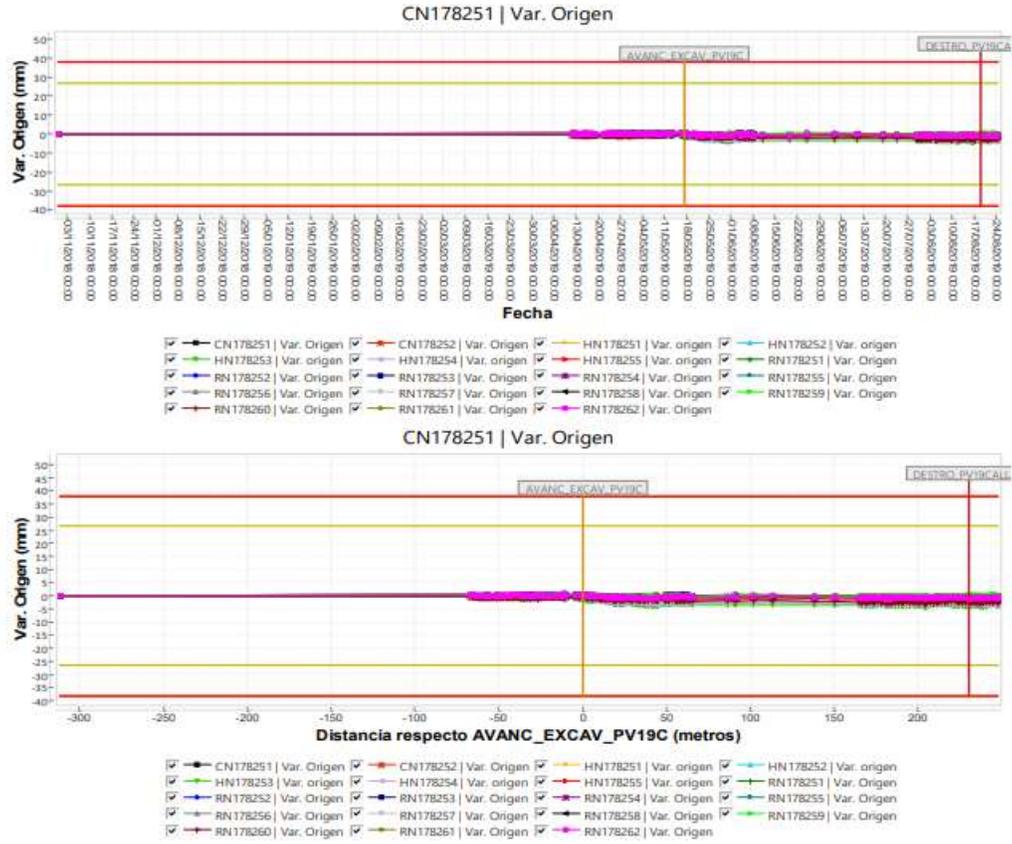


Figura 44. PK 17 825 Var. Origen (APPlus, 2019)

En la figura 45 se muestra los resultados de las mediciones. Posterior a la excavación se puede ver la deformación.

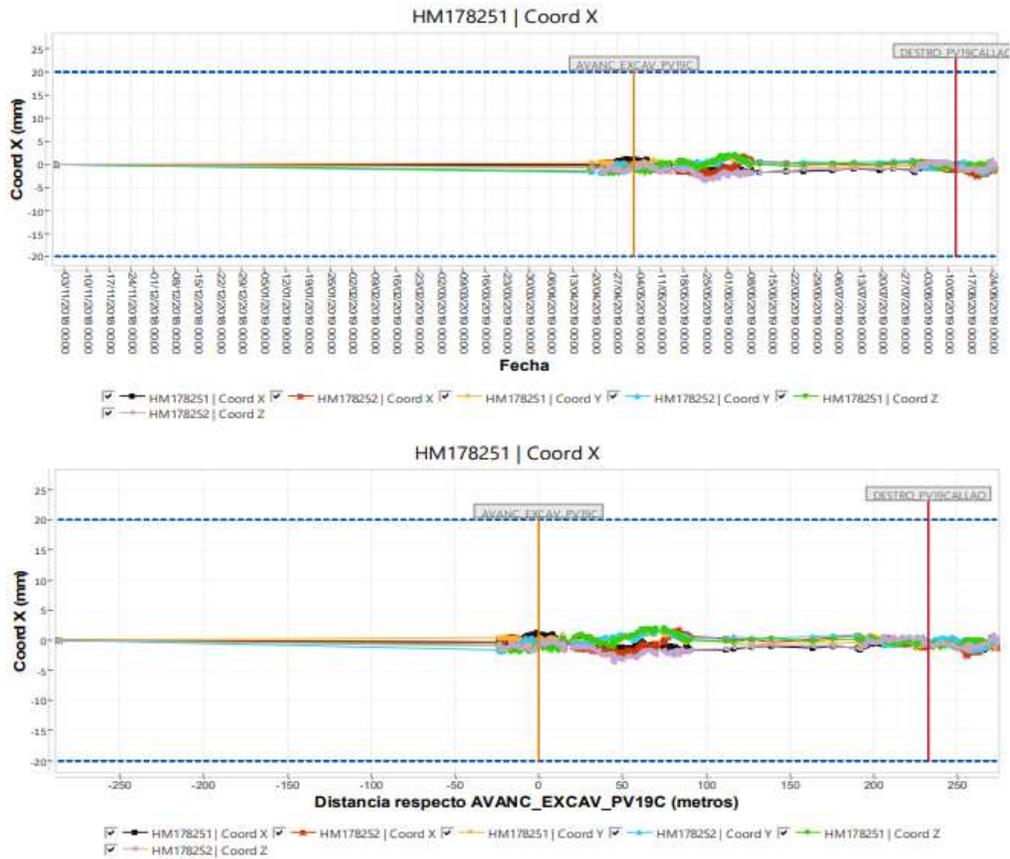


Figura 45. PK17 825 Coord. X (APPlus, 2019)

En la figura 46 se muestra los resultados de las mediciones. Posterior a la excavación se puede ver la deformación.

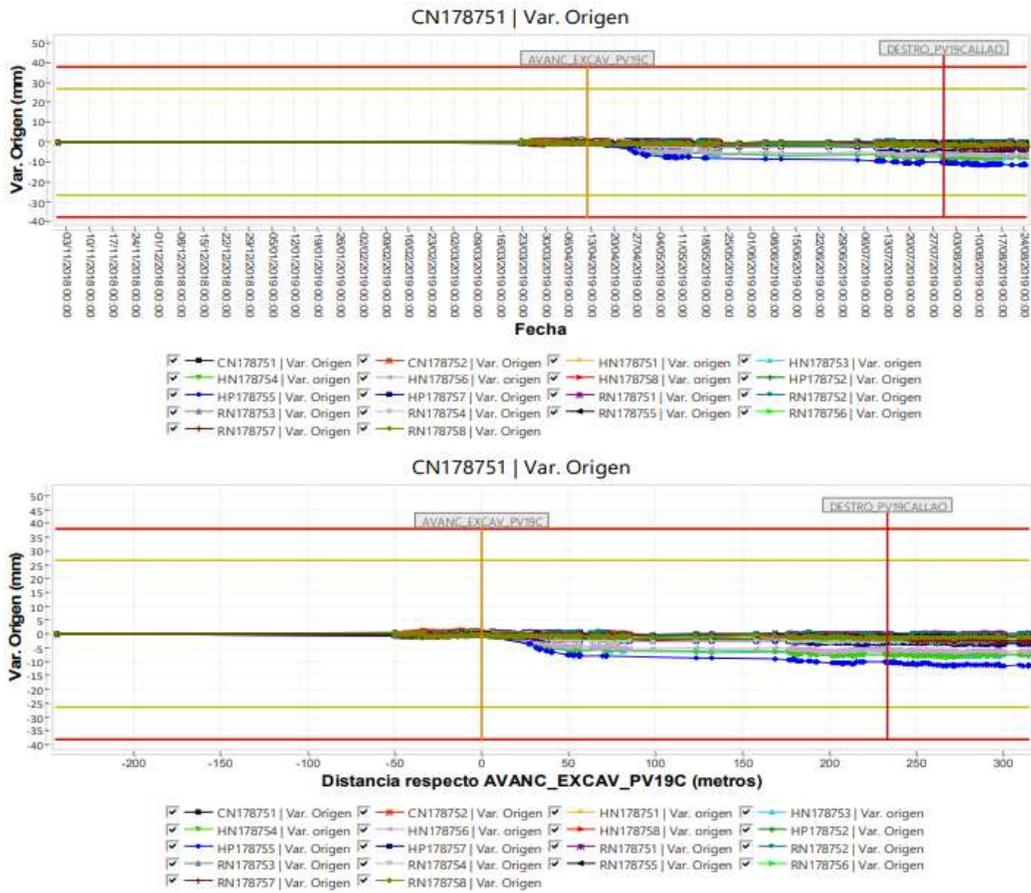


Figura 46. PK 17 875 Var. Origen (APPlus, 2019)

En la figura 47 se muestra los resultados de las mediciones. Posterior a la excavación se puede ver la deformación.

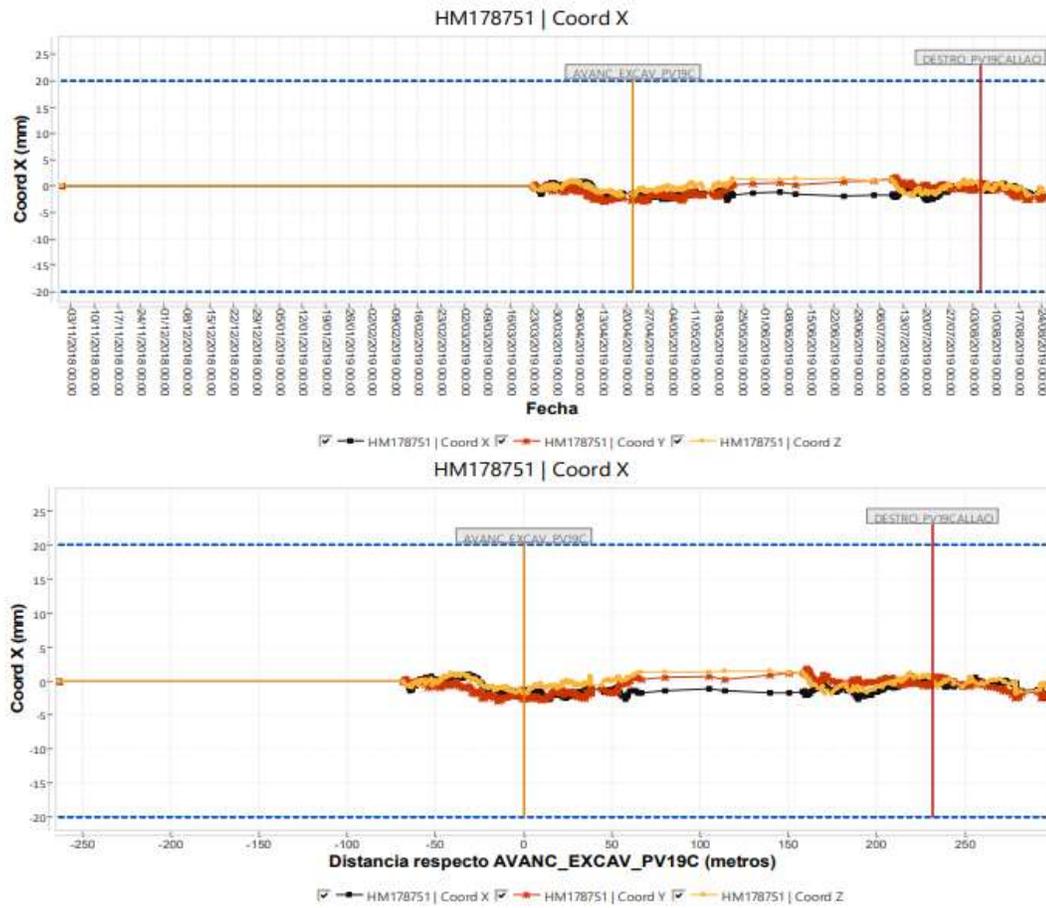


Figura 47. PK 17 875 Cord X (APPlus, 2019)

En la figura 48 se muestra los resultados de las mediciones. Posterior a la excavación se puede ver la deformación.

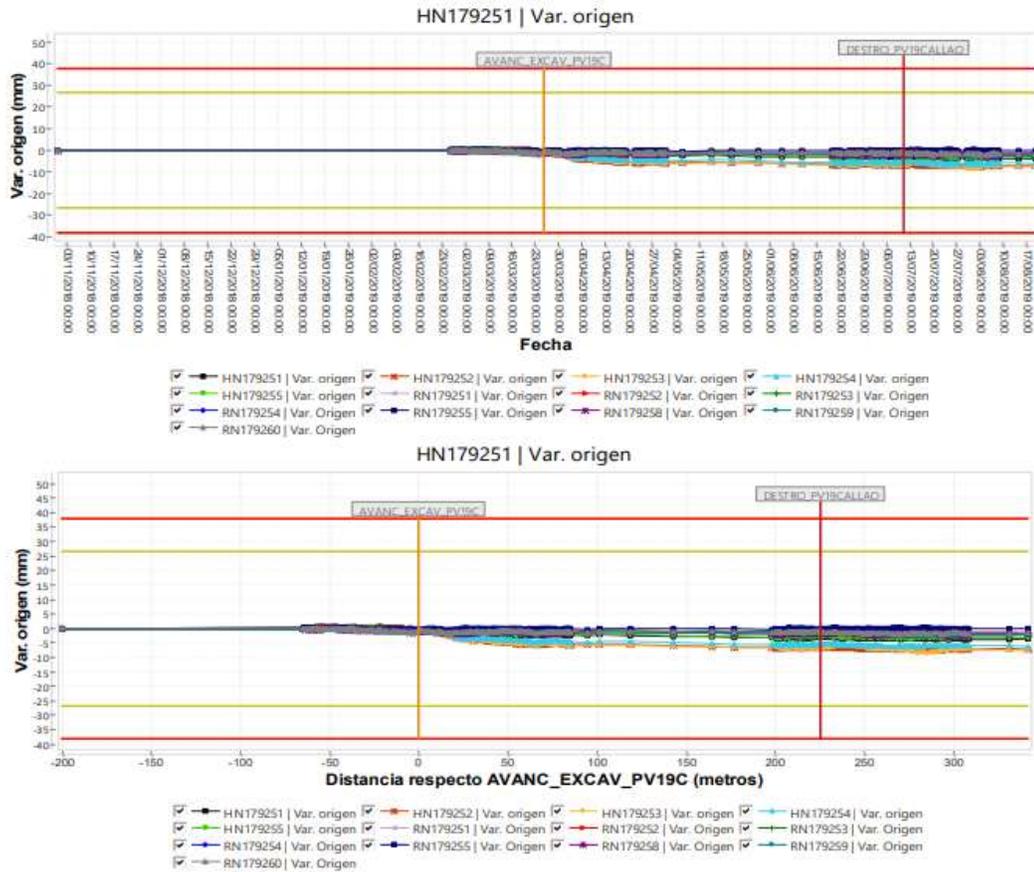


Figura 48. PK 17 825 Var. Origen (APPlus, 2019)

En la figura 49 se muestra los resultados de las mediciones. Posterior a la excavación se puede ver la deformación.

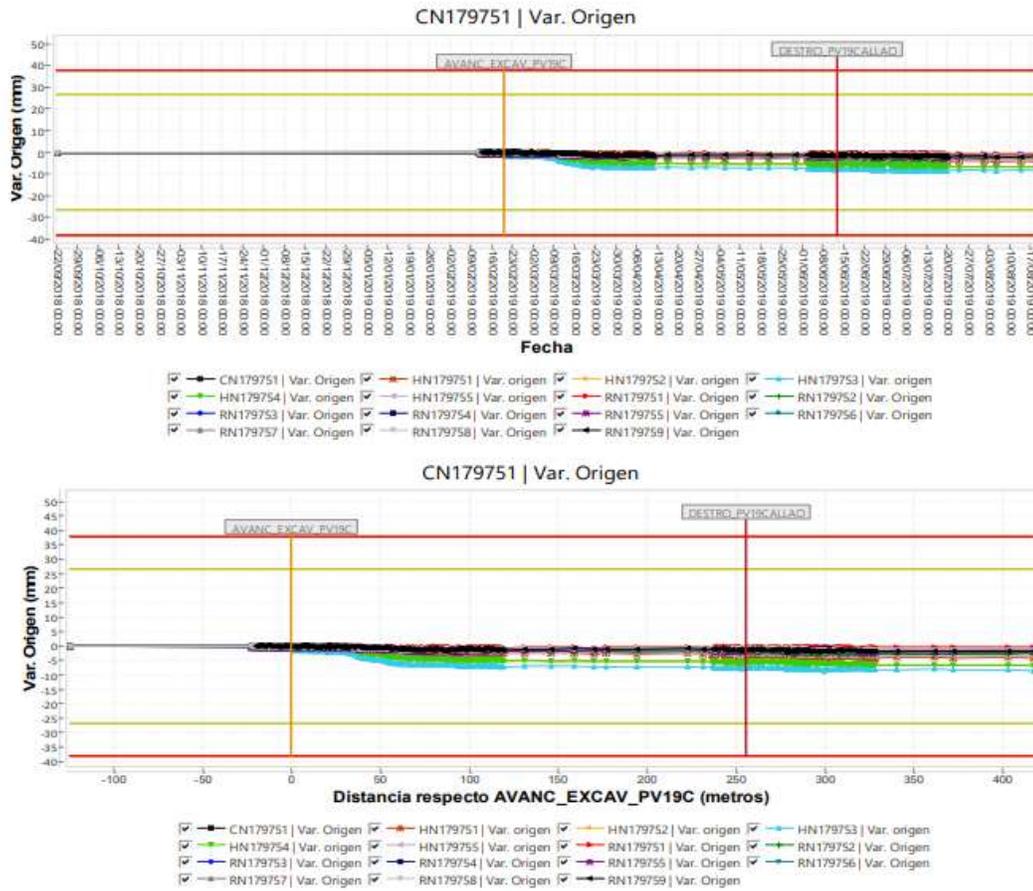


Figura 49. PK17 975 Var. Origen (APPlus, 2019)

En la figura 50 se muestra los resultados de las mediciones. Posterior a la excavación se puede ver la deformación.

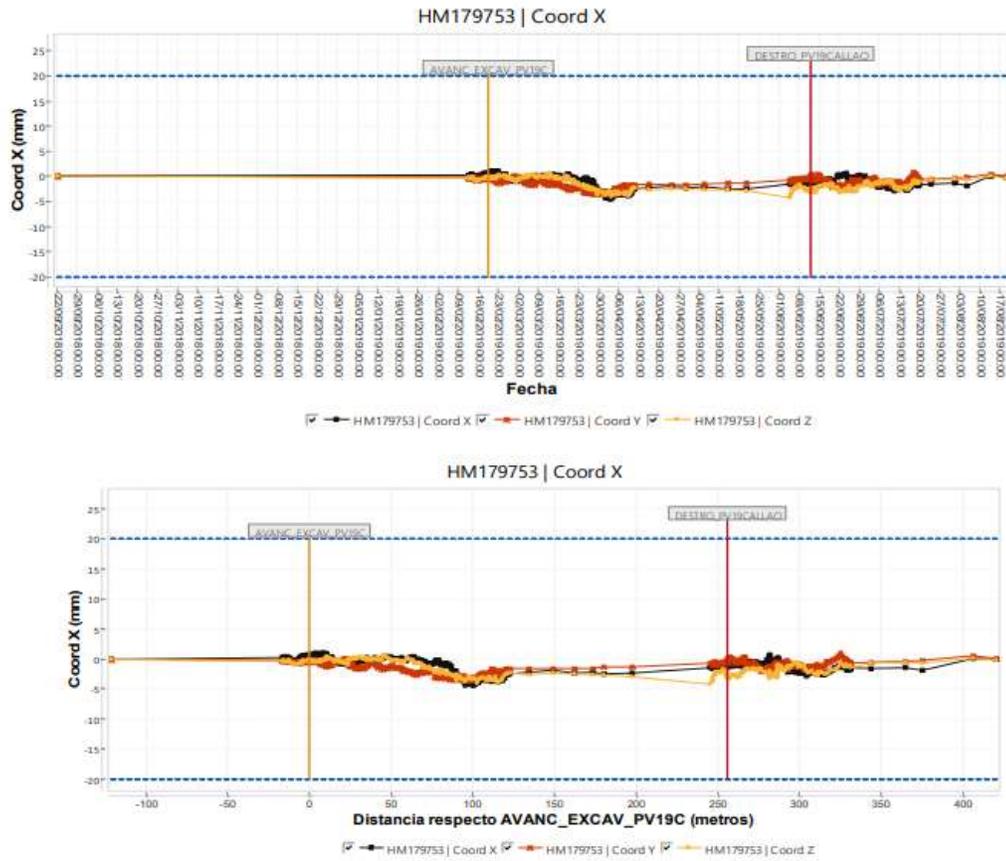


Figura 50. PK17 975 Cord. X (APPlus, 2019)

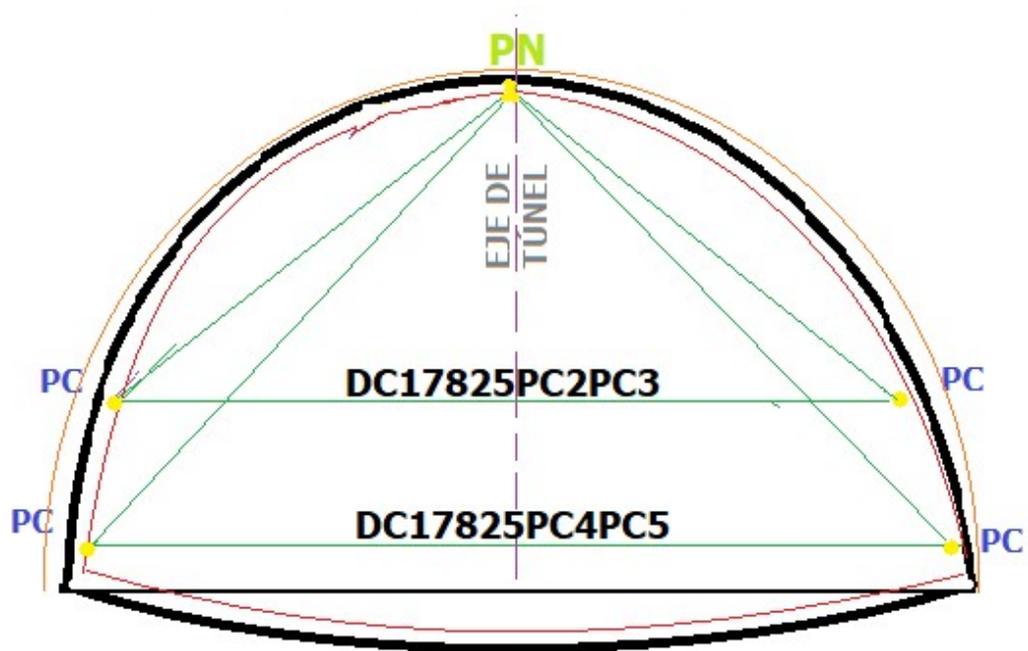


Figura 51. PK 17 825 (APPlus, 2019)

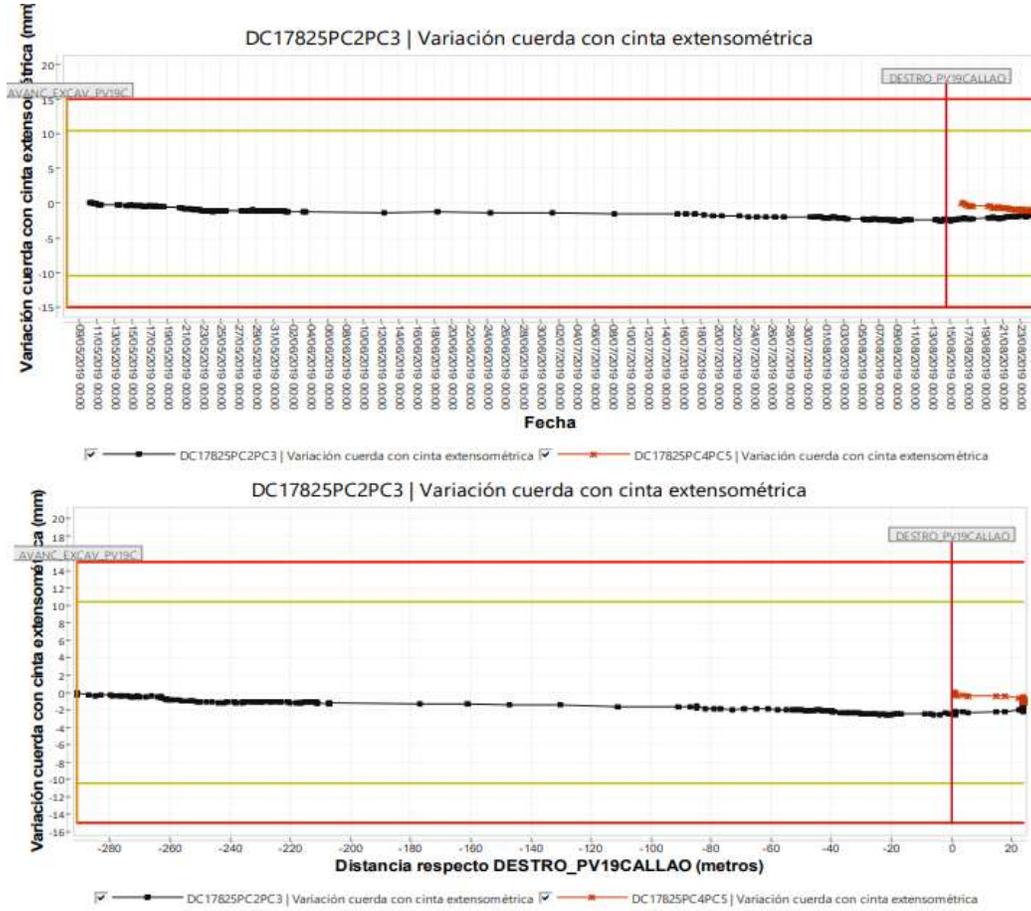


Figura 52. PK 17 825 Var. de cuerda con cinta (APPlus, 2019)

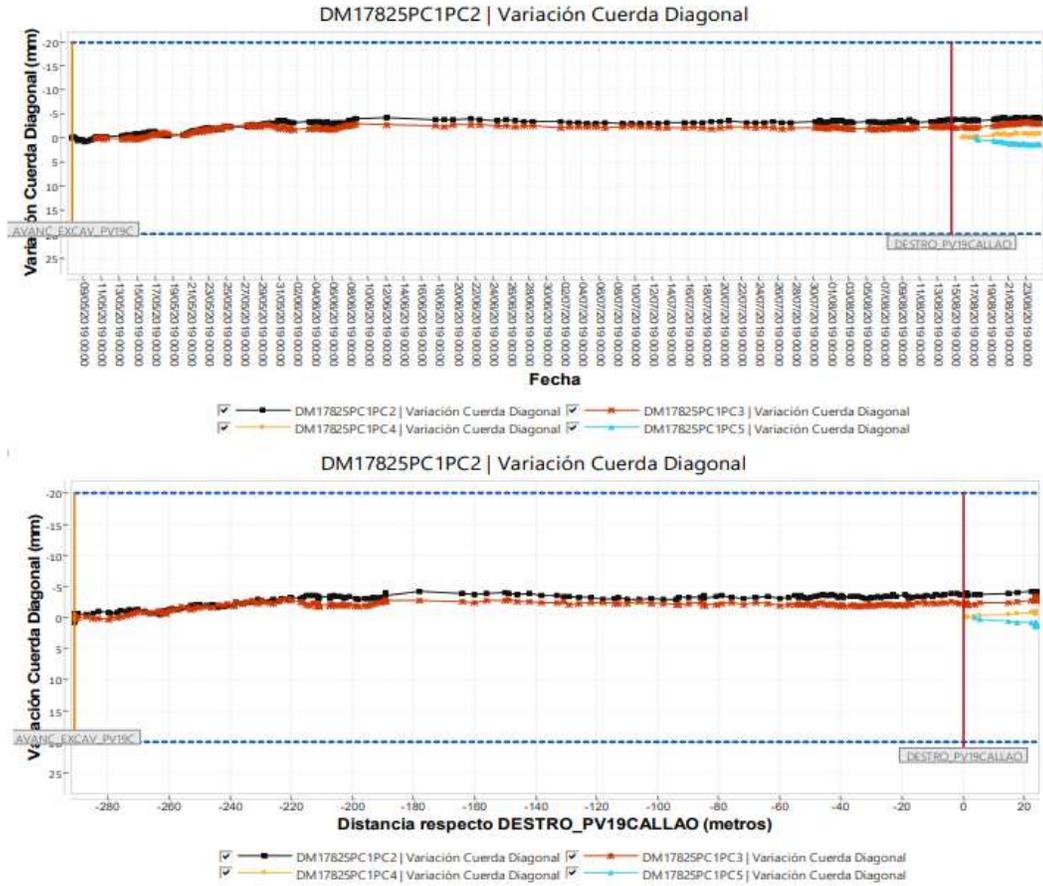


Figura 53. PK 17 825 Var. de cuerda diagonal (APPlus, 2019)

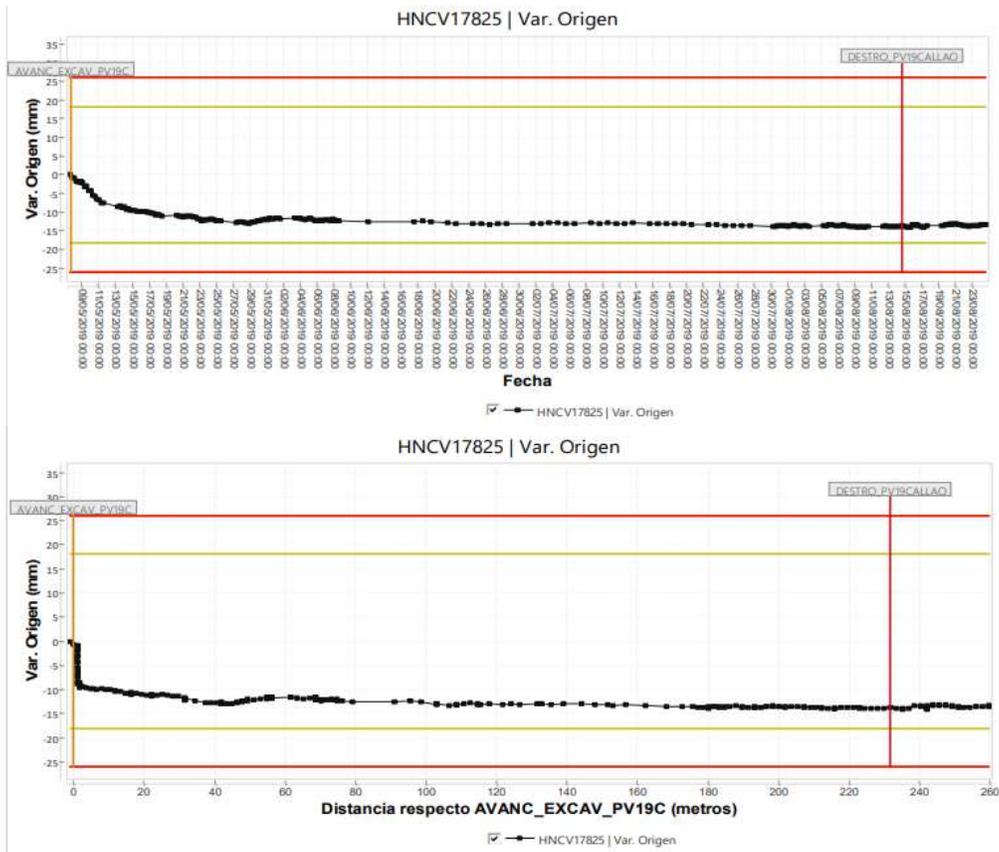


Figura 54. PK17 825 Var. Origen (APPlus, 2019)

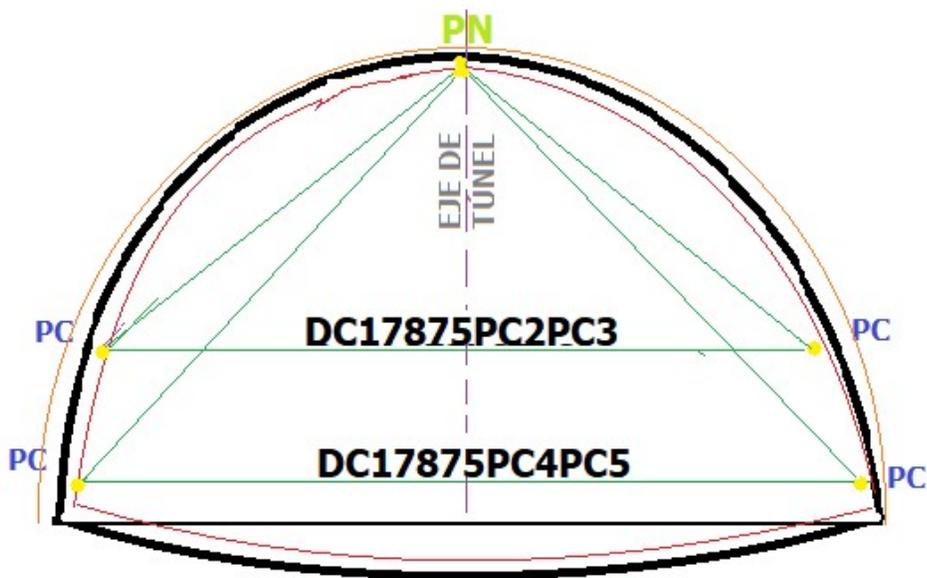


Figura 55. PK 17 875 (APPlus, 2019)

En la figura 56. Se muestra los resultados de las mediciones con cuerda en cinta, es decir que se coloca 2 puntos fijos alineados en el eje de túnel y se mide los puntos extremadamente opuestos con la cinta, del mismo modo se muestra la variación de la cinta extensiométrica que inicia en cero y a medida que se va realizando la excavación del túnel se muestra las deformaciones.

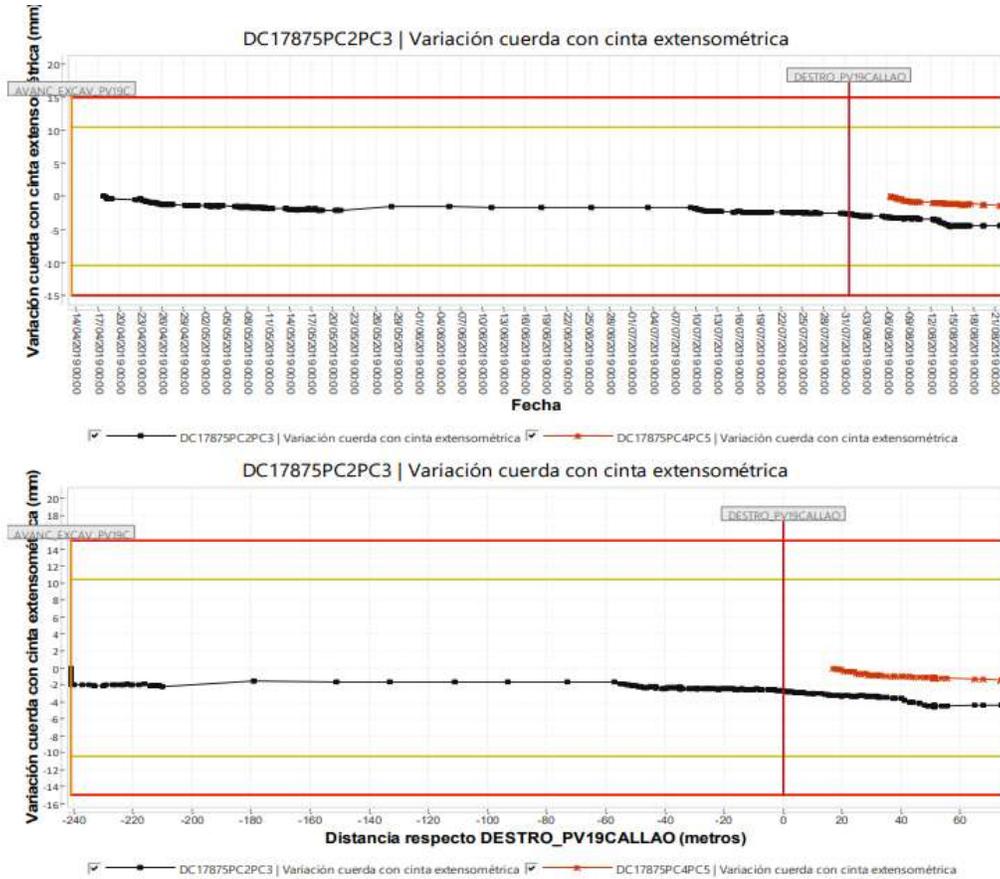


Figura 56. PK 17 875 Var. Cuerda con Cinta (APPlus, 2019)

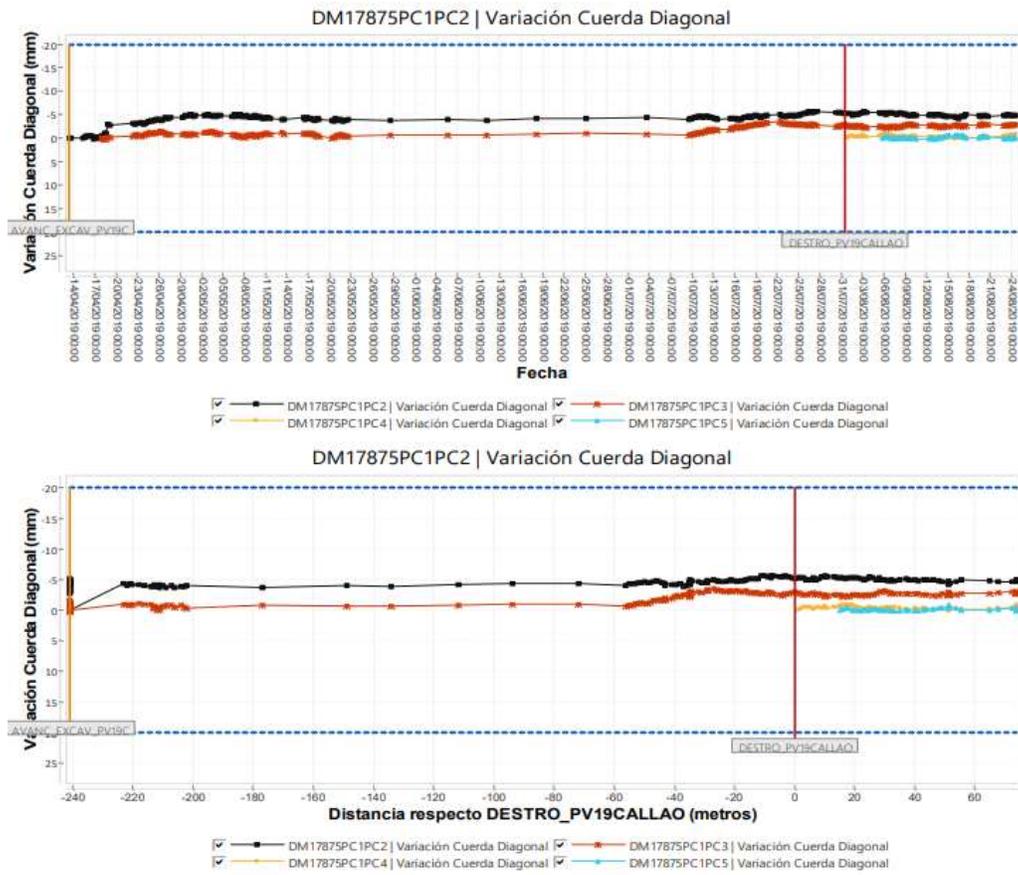


Figura 57. PK 17 875 Var. Cuerda Diagonal (APPlus, 2019)

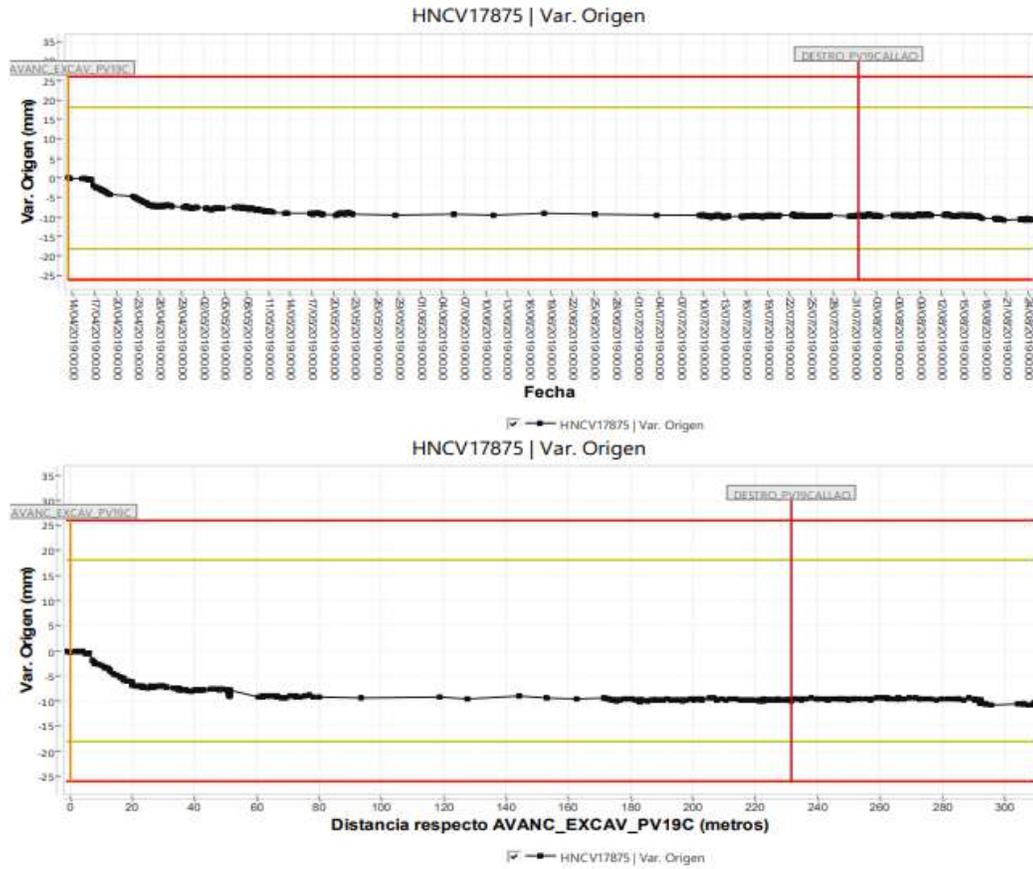


Figura 58. PK 17 875 Var. Origen (APPlus, 2019)

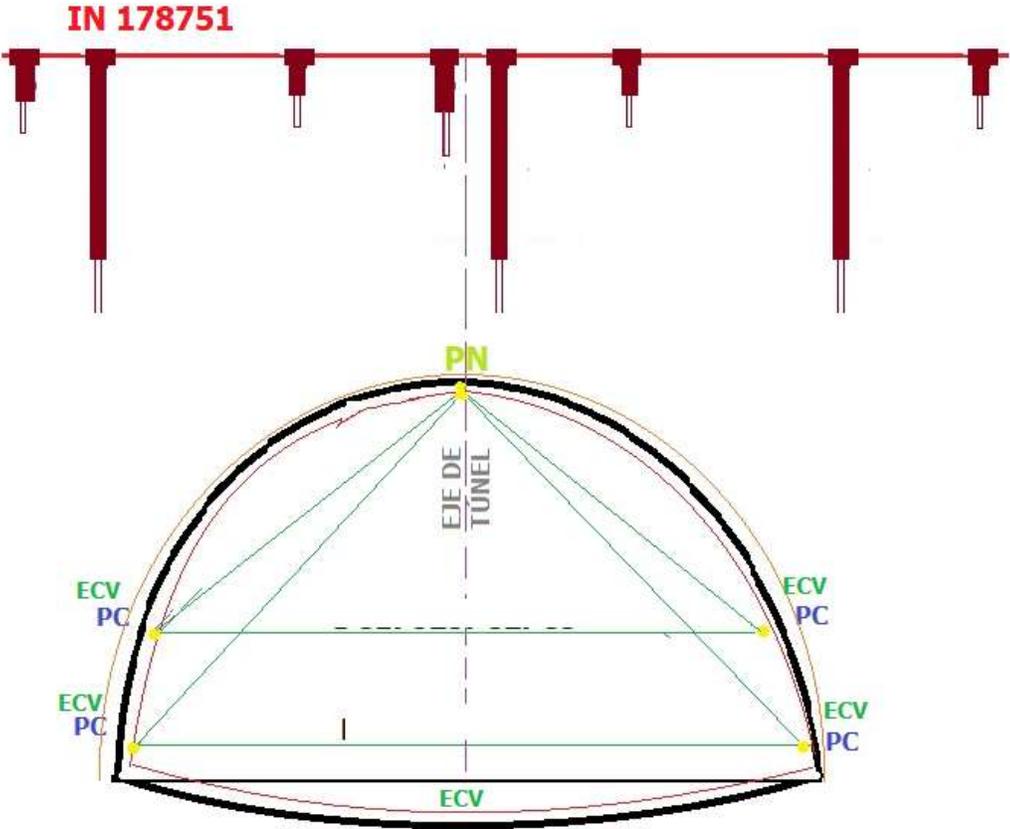


Figura 59. PK 17 875 Inclinómetro I (APPlus, 2019)

En la figura 60 Los inclinómetros ubicados en el PK 17875, ahí se muestra las desviaciones horizontales que se va teniendo cuando se realiza la excavación. por ejemplo, en la dirección A que es perpendicular al eje de túnel y en la dirección que es paralelo al túnel.

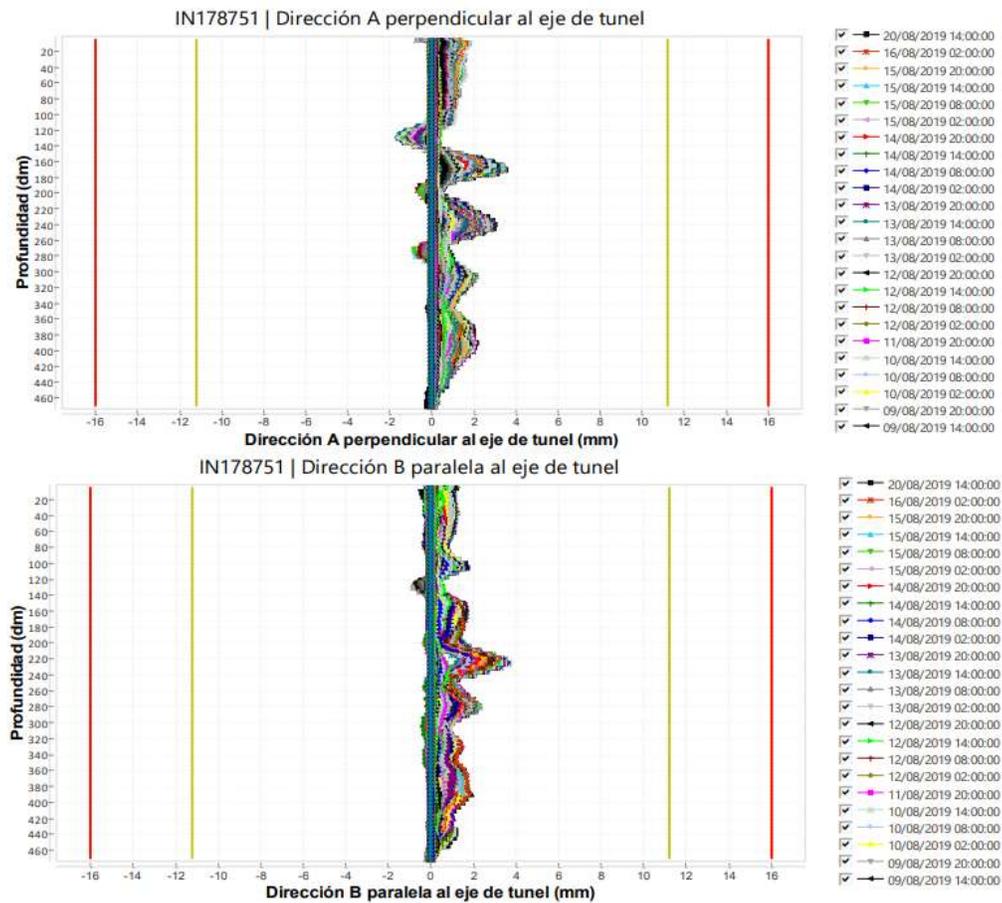


Figura 60. PK 17 875 Inc. I (APPlus, 2019)

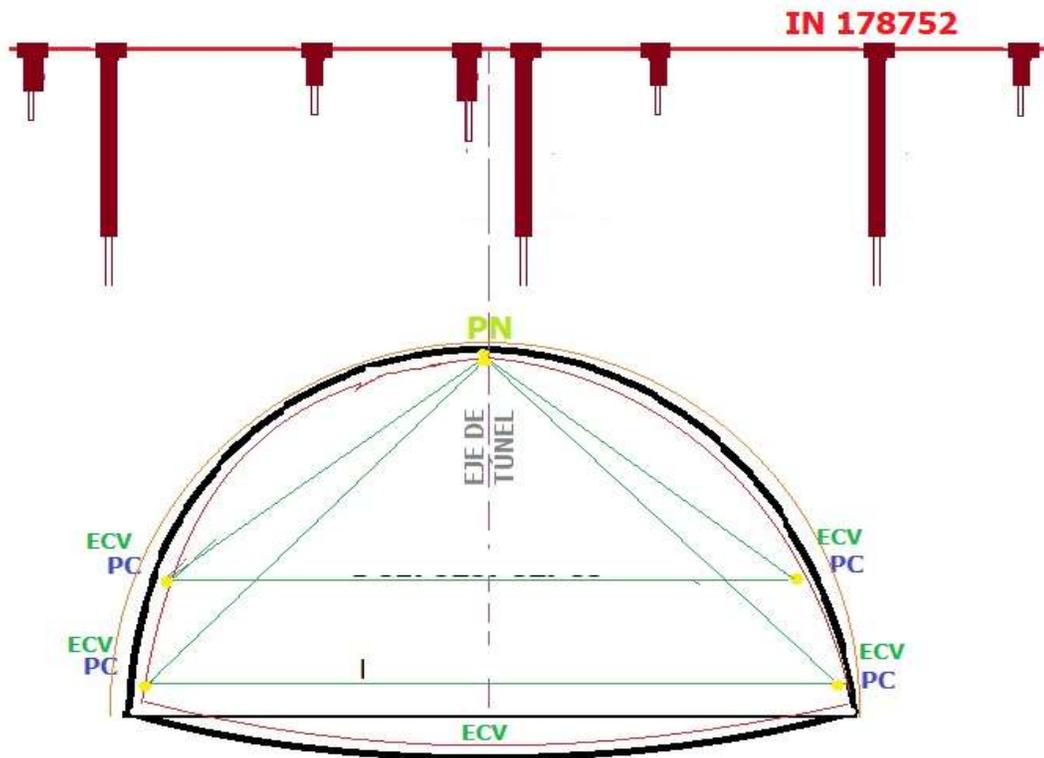


Figura 61. PK 17 875 Inclinómetro II (APPlus, 2019)

En la figura 62. Se ve los inclinómetros y las desviaciones que se genera cuando se realiza la excavación.

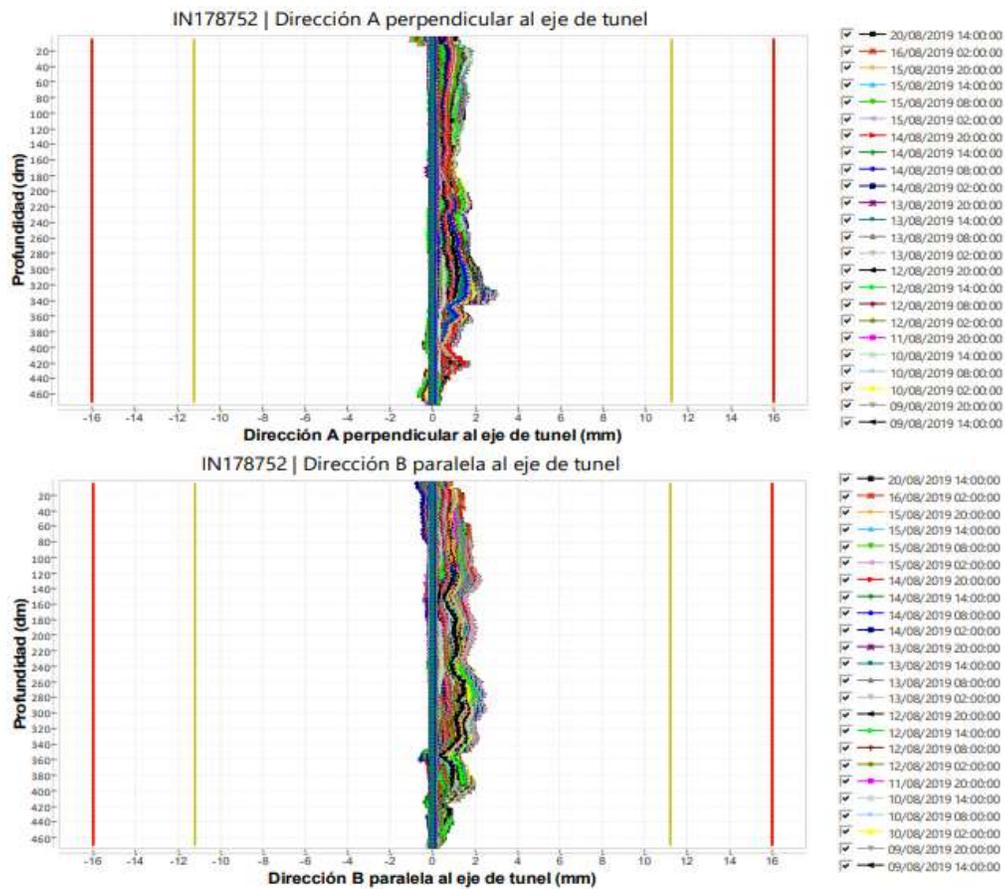


Figura 62. PK 17 875 Inc. II (APPlus, 2019)

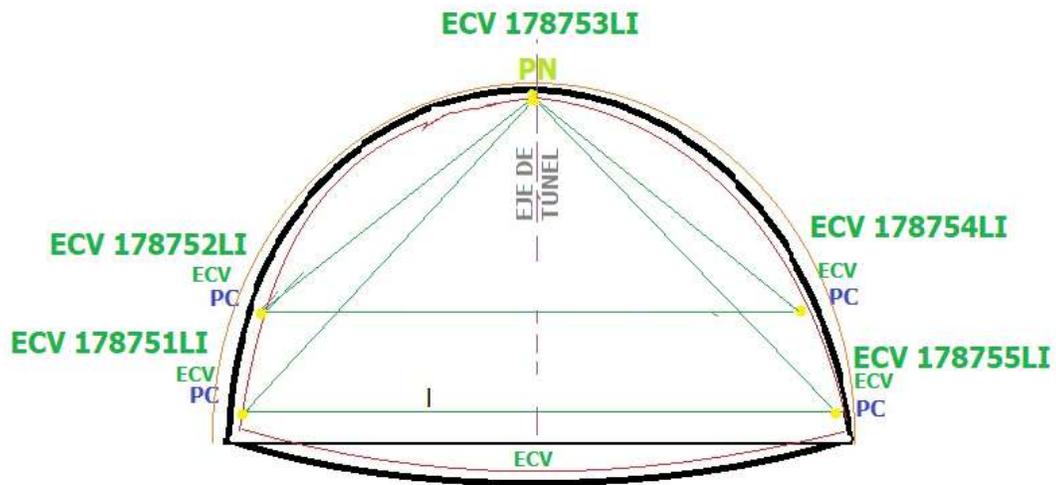


Figura 63. PK 17875 Intradós (APPlus, 2019)

En la figura 64. Se muestra los resultados de los extensómetros de cuerda vibrante en las que no está sometido el terreno, también se muestra la distancia de excavación que se tiene desde el inicio en la excavación en bóveda hasta el inicio de excavación en la destroza.

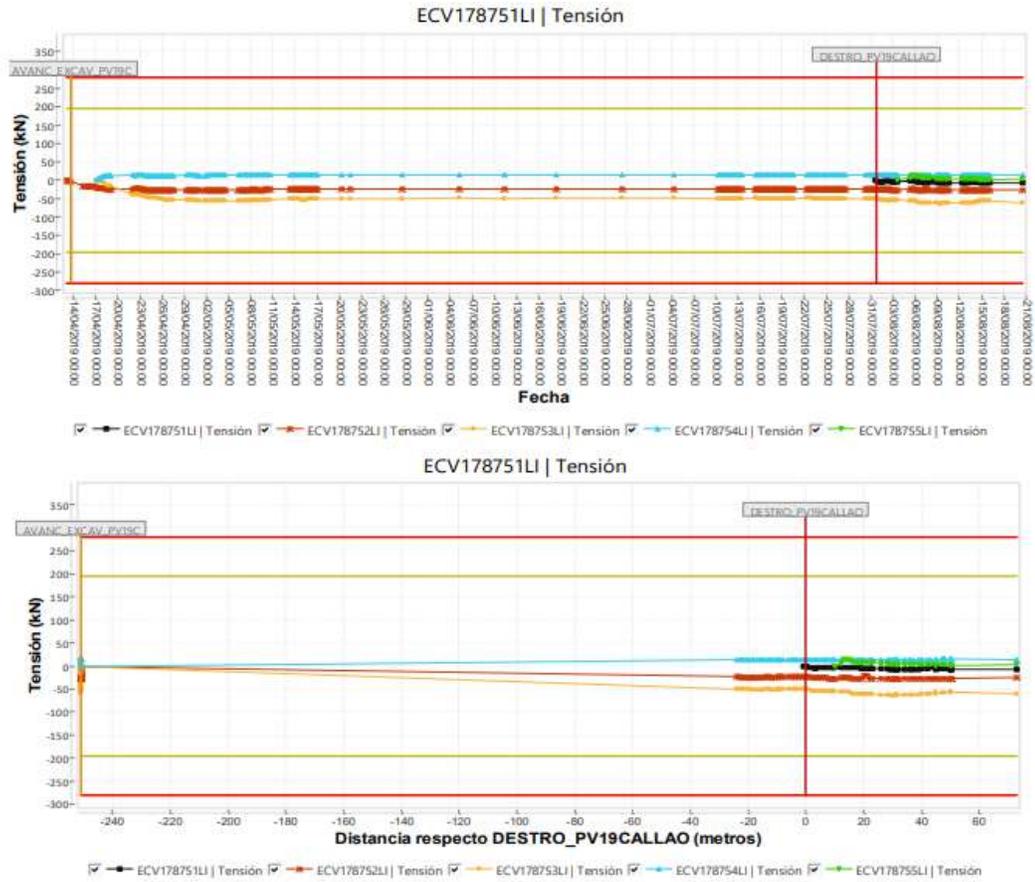


Figura 64. PK17 875 Tensión (APPlus, 2019)

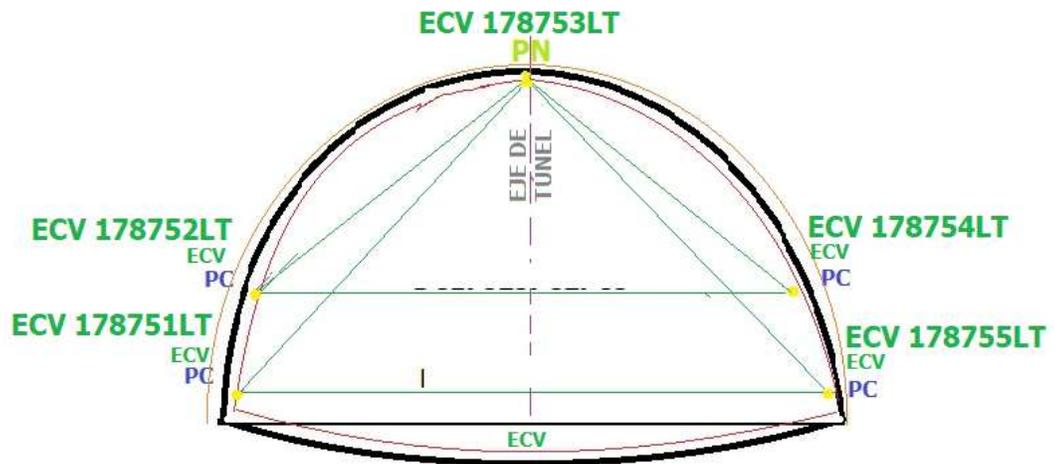


Figura 65. Trasdós (APPlus, 2019)

En la figura 66. Se observa que un instrumento sobrepasa un umbral preventivo el cual está marcando con líneas verdes, sin embargo, no se pasa umbral de color rojo, por lo que no se ha planteado ninguna medida correctiva para detener las deformaciones.

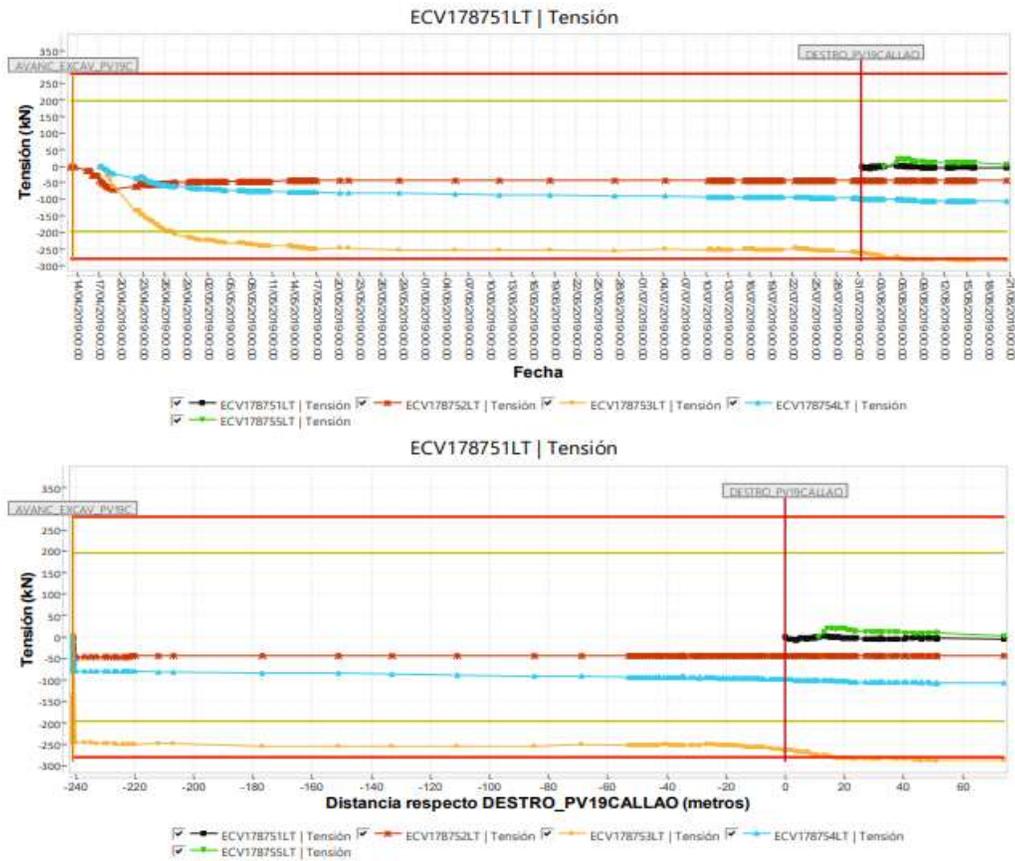


Figura 66. PK17 875 Tensión (APPlus, 2019)

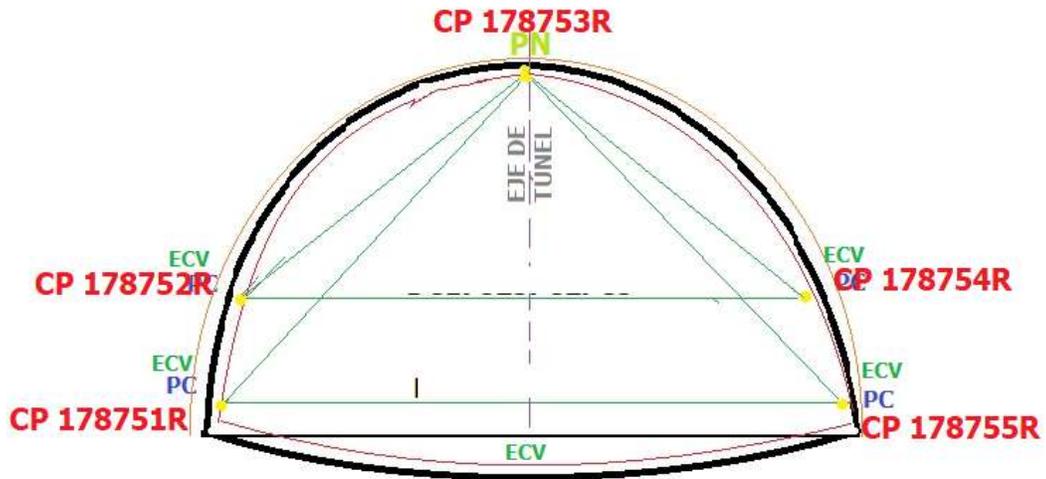


Figura 67. PK 17 875 (APPlus, 2019)

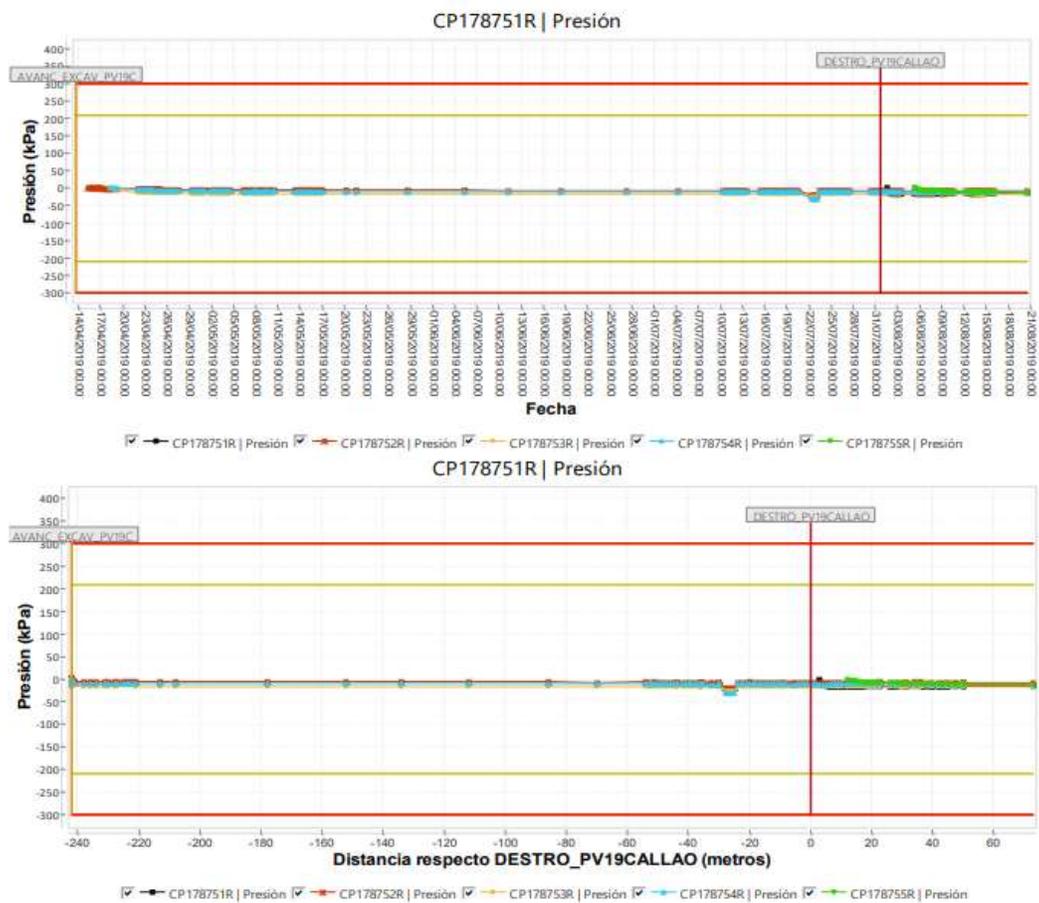


Figura 68. PK 17 875 Presión (APPlus, 2019)

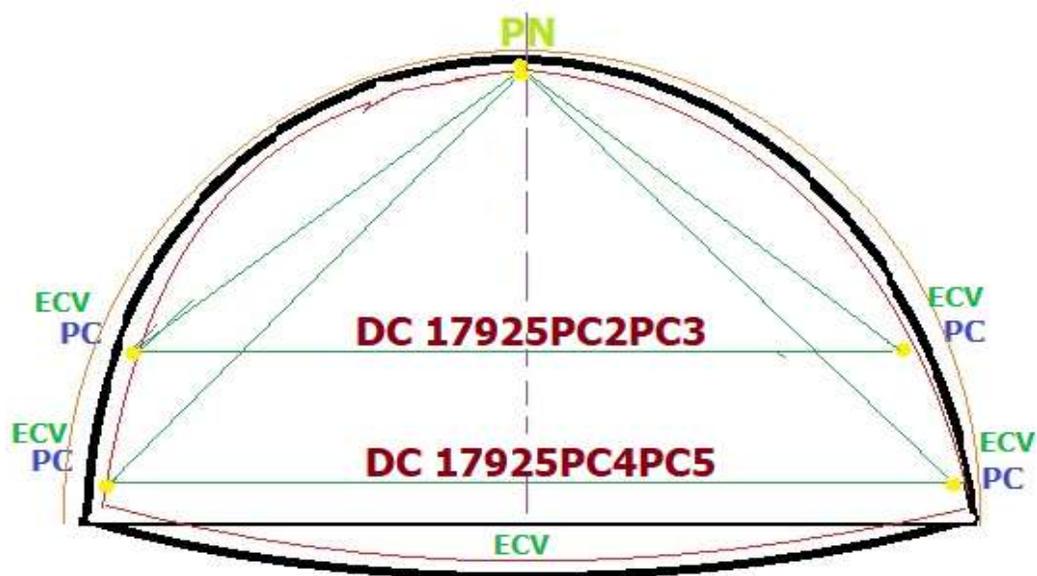


Figura 69. PK 17 925 (APPlus, 2019)

En la figura 70 Se muestra los resultados de las mediciones con cuerda en cinta, es decir que se coloca 2 puntos fijos alineados en el eje de túnel y se mide los puntos extremadamente opuestos con la cinta, del mismo modo se muestra la variación de la cinta extensométrica que inicia en cero y a medida que se va realizando la excavación del túnel se muestra las deformaciones.

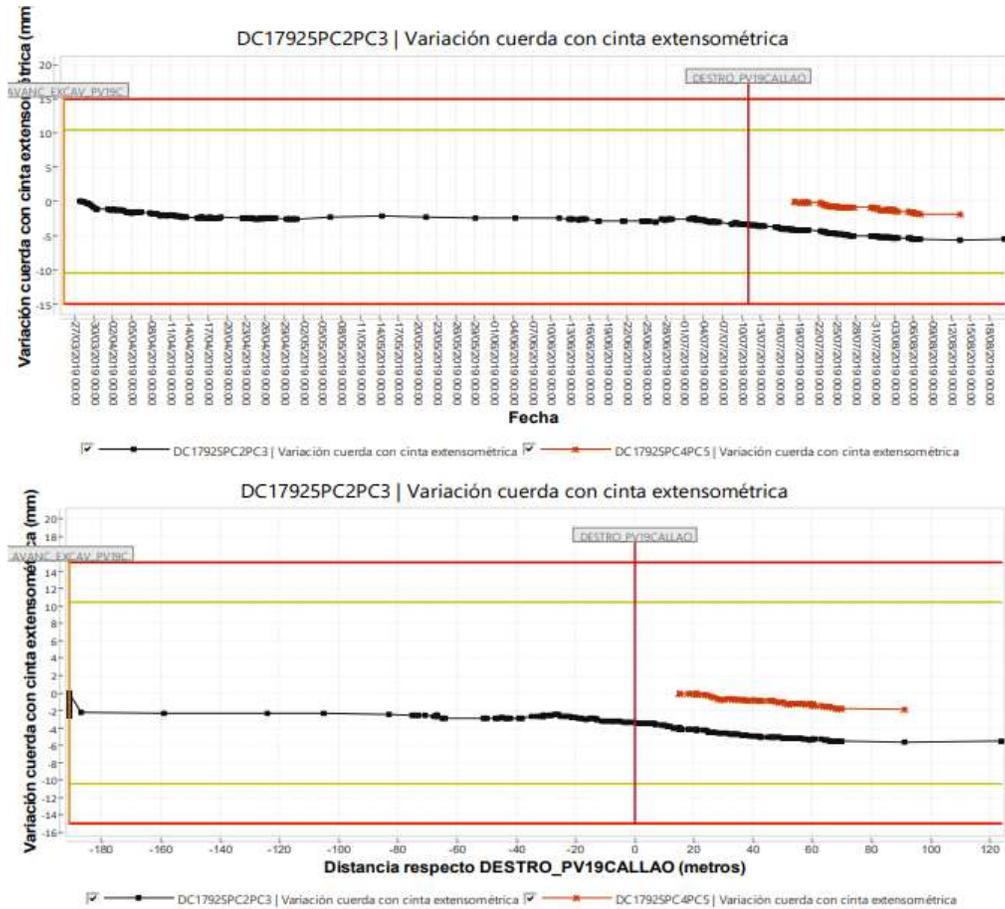


Figura 70. PK 17 925 Var. Cuerda con cinta (APPlus, 2019)

En la figura 71 Se muestra los resultados de las mediciones con cuerda en cinta, es decir que se coloca 2 puntos fijos en diagonal de túnel y se mide los puntos con la cinta, del mismo modo se muestra la variación de la cinta extensométrica que inicia en cero y a medida que se va realizando la excavación del túnel se muestra las deformaciones.

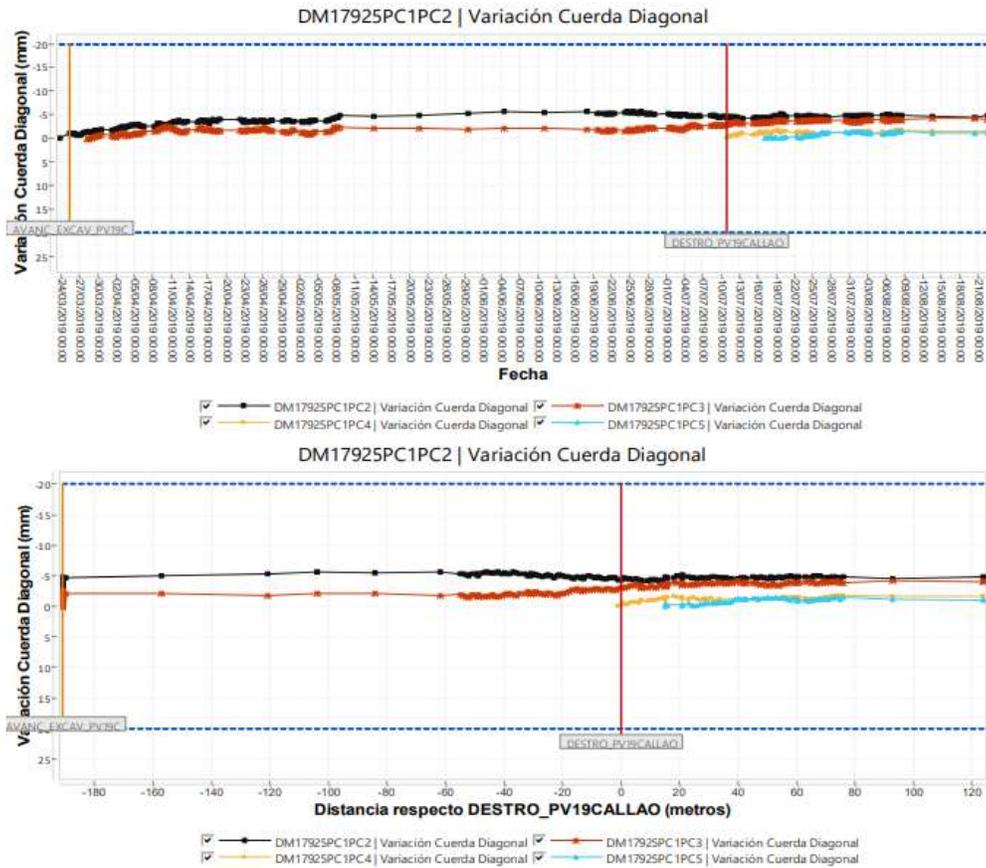


Figura 71. PK 17 925 Var. Cuerda Diagonal (APPlus, 2019)

En la figura 72. Se muestra los resultados de las mediciones con cuerda en cinta, es decir que se coloca 2 puntos fijos en diagonal de túnel y se mide los puntos con la cinta.

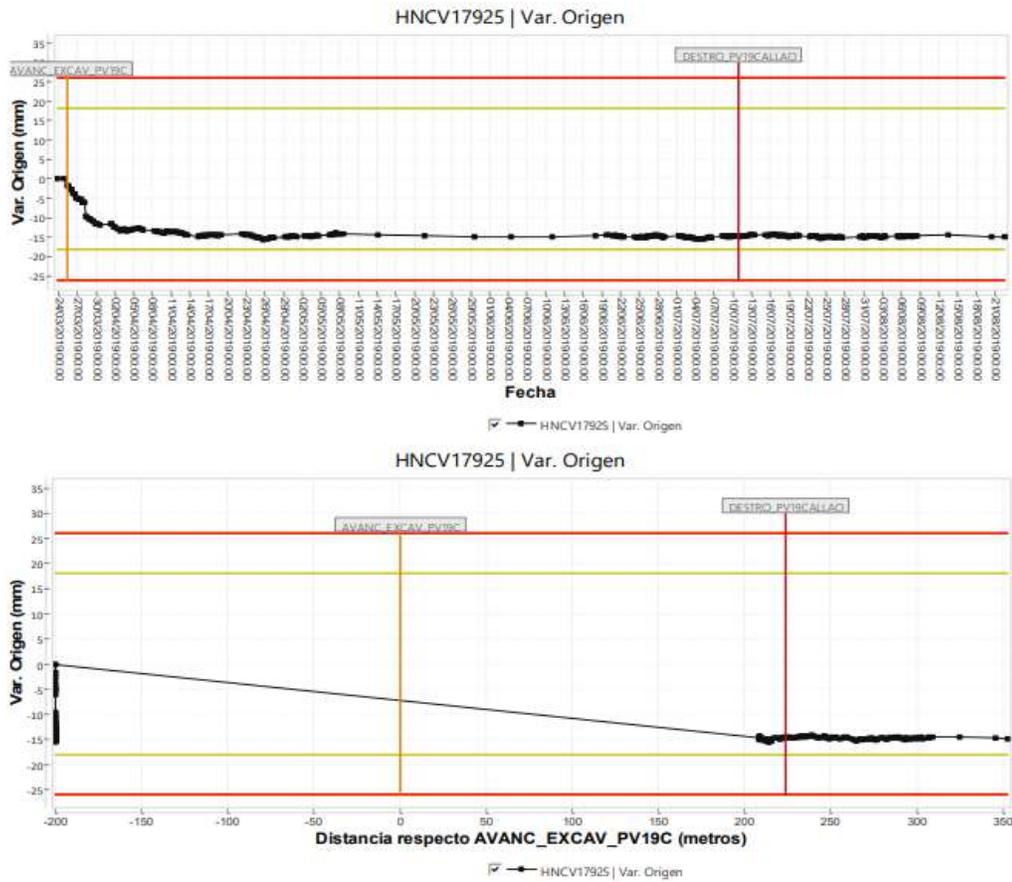


Figura 72. PK 17 925 Var. Origen (APPlus, 2019)

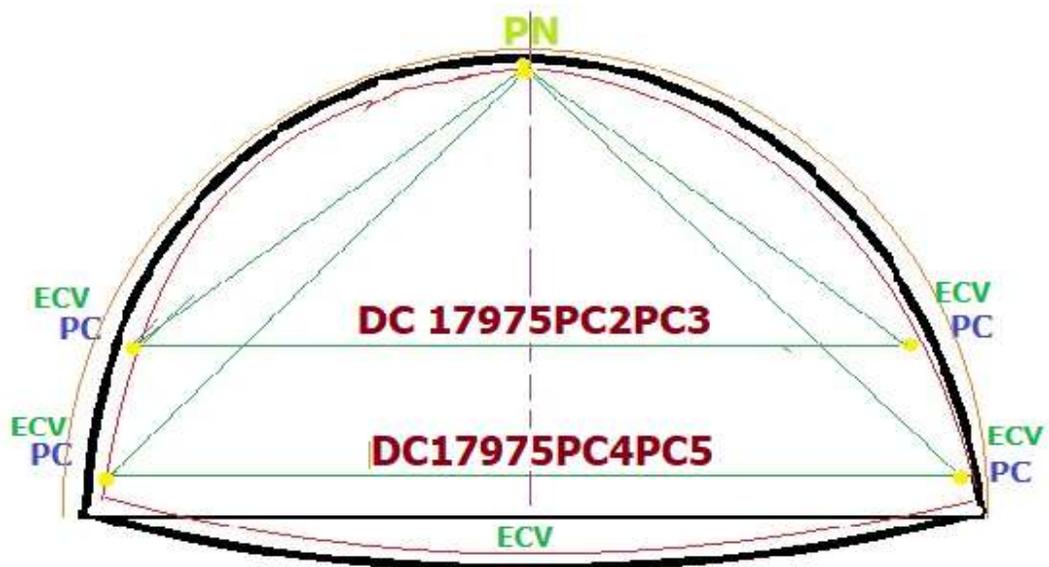


Figura 73. PK 17 975 (APPlus, 2019)

En la figura 74. Se muestra los resultados de las mediciones con cuerda en cinta, es decir que se coloca 2 puntos fijos en paralelo al túnel y se mide los puntos con la cinta, del mismo modo se muestra la variación de la cinta extensométrica que inicia en cero y a medida que se va realizando la excavación del túnel se muestra las deformaciones.

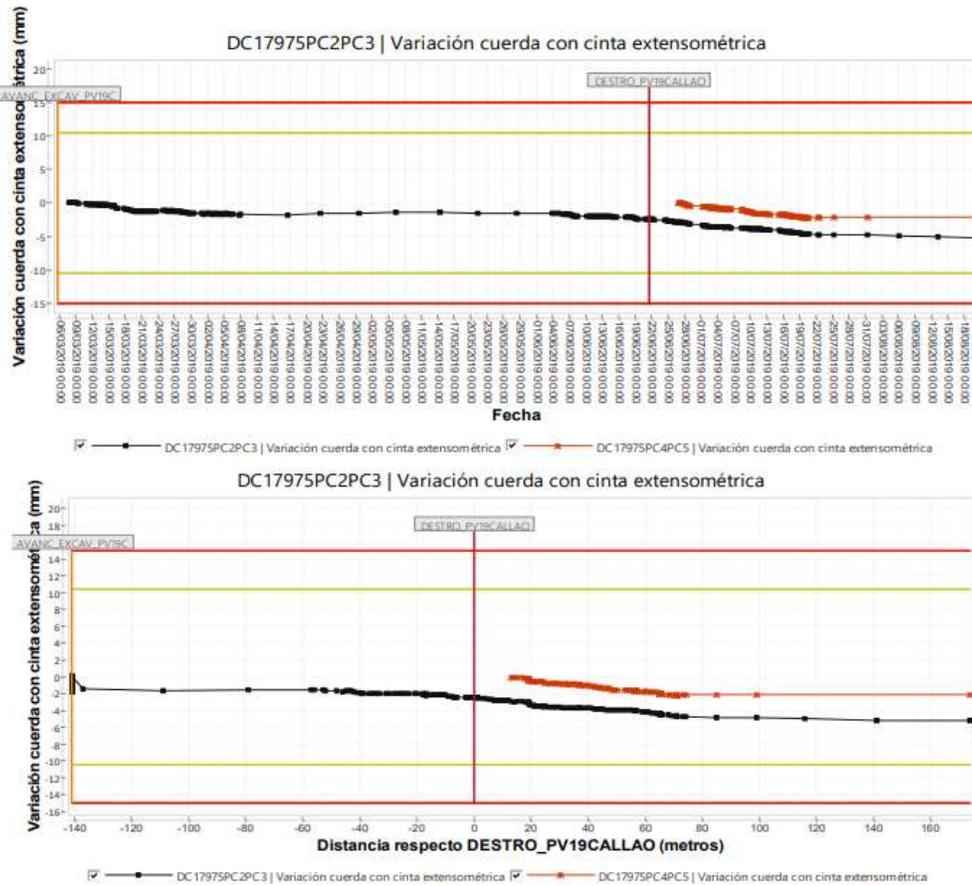


Figura 74. PK 17 975 Var. Cuerda con cinta (APPlus, 2019)

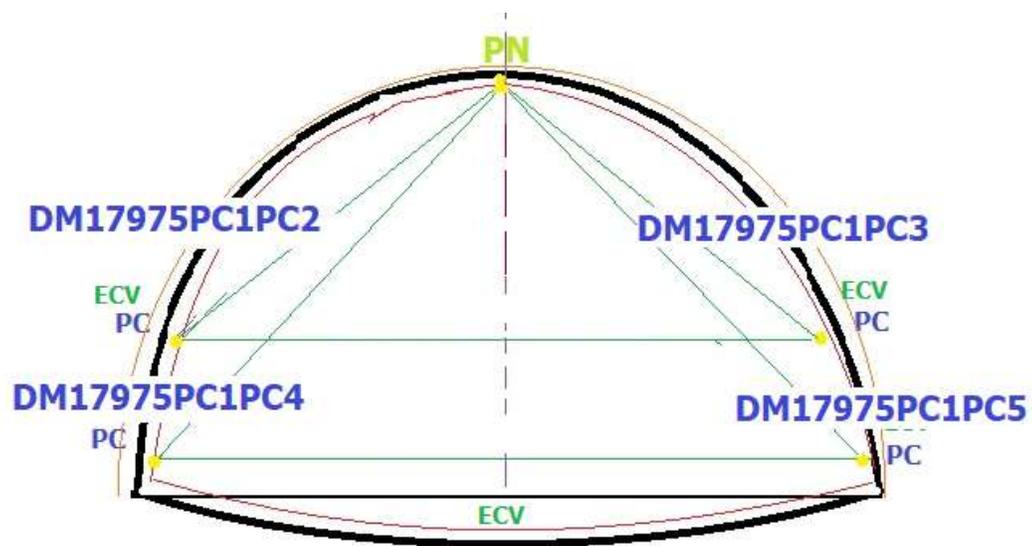


Figura 75. PK 17 975 (APPlus, 2019)

En la figura 76 Se muestra los resultados de las mediciones con cuerda en cinta, es decir que se coloca 2 puntos fijos en diagonal al túnel y se mide los puntos con la cinta.

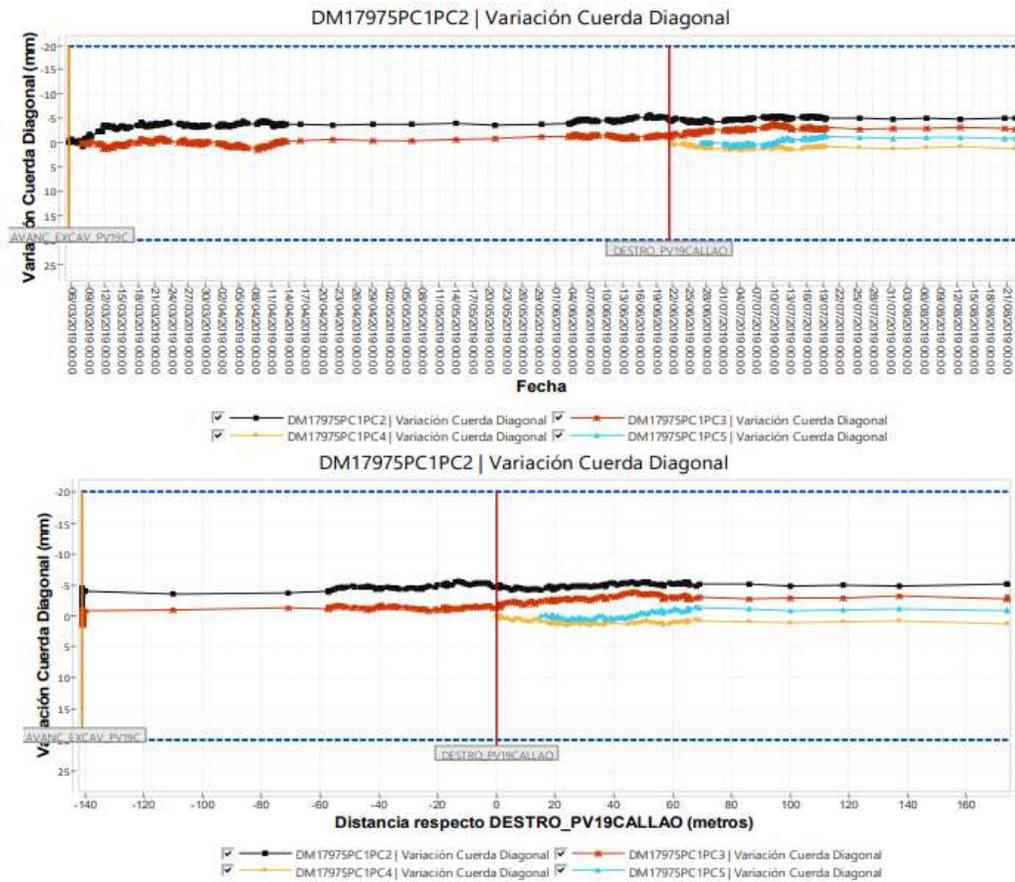


Figura 76. PK 17 975 Var. Cuerda diagonal (APPlus, 2019)

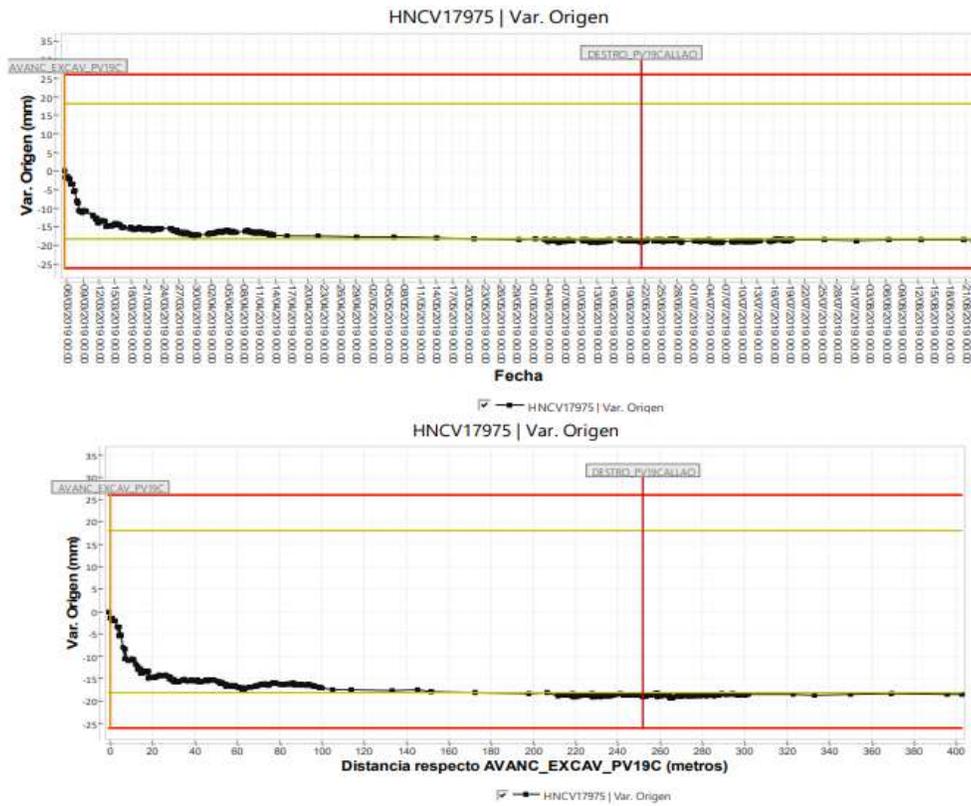


Figura 77. PK 17 975 Var. Origen (APPlus, 2019)

En la figura 78 Se muestra los resultados de las mediciones con cuerda en cinta, es decir que se coloca 2 puntos fijos en paralelo al túnel y se mide los puntos con la cinta, del mismo modo se muestra la variación de la cinta extensiométrica que inicia en cero y a medida que se va realizando la excavación del túnel se muestra las deformaciones.

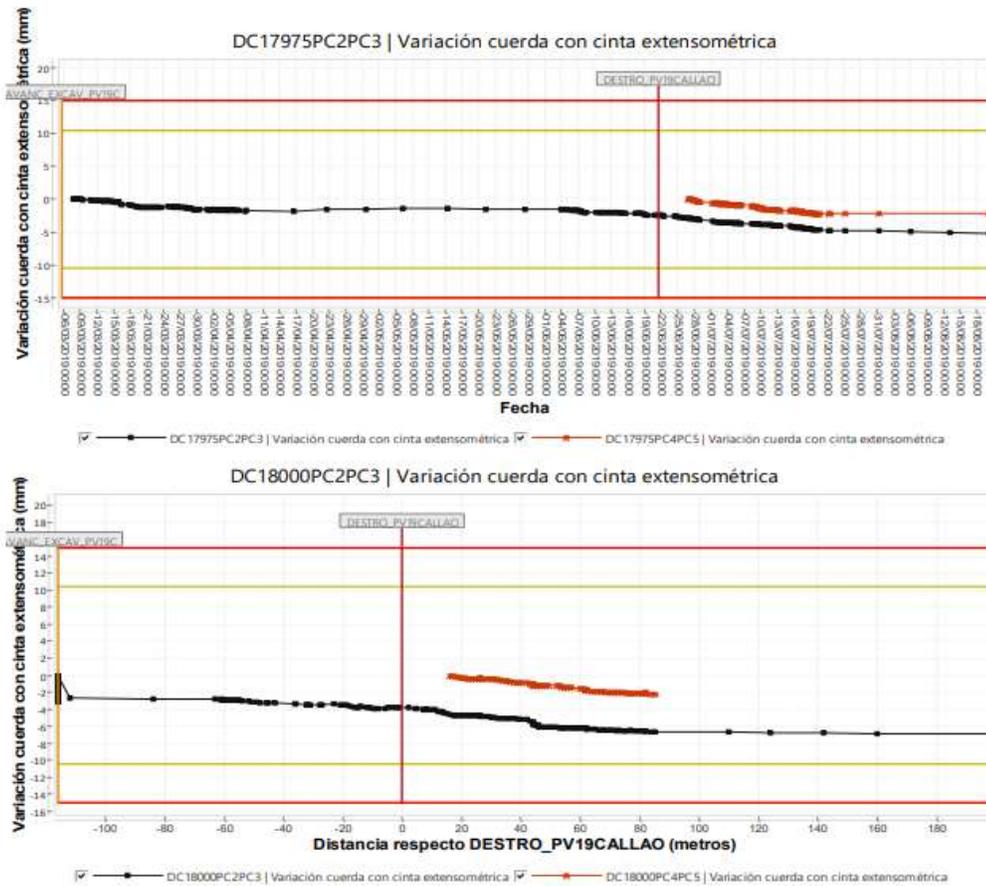


Figura 78. PK 17 975 Variación cuerda con cinta (APPlus, 2019)

### 4.3 Resultados del monitoreo realizado en túnel de cuatro vías

En el siguiente cuadro (tabla12), se muestran los valores máximos que se han obtenido durante la construcción del revestimiento primario del túnel de cuatro vías, estos valores han sido extraídos del total de lecturas que se han mostrado en la sección 4.2.1.

Tabla 12. Cuadro resumen de valores máximos (APPlus, 2019)

INSTRUMENTO	POZO	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO(MM)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (MM/DÍA)
Hito de nivelación	19	HN179753	-8.5	0.063
Hito de nivelación profunda	19	HP178755	-11.6	-0.159
Regleta de nivelación	19	RN178754	-2.7	-0.096
Dianas de convergencia	17+975	DM17975PC1PC2	-5.1	0.002
	17+925	DM17925PC1PC2	-4.7	-0.063
	17+875	DM17875PC1PC2	-5.0	0.056
	17+825	DM17825PC1PC2	-4.1	-0.031
Miniprisma de convergencia	17+975	HNCV17975	-18.5	-0.035
	17+925	HNCV17925	-14.9	-0.07
	17+875	HNCV17875	-10.7	-0.144
	17+825	HNCV178250	-13.8	0.034
Pernos de convergencia	17+975	DC17975PC2PC3	-5.2	
	17+925	DC17925PC2PC3	-5.5	
	17+875	DC17875PC2PC3	-4.4	
	17+825	DC17825PC2PC3	-2.2	
Inclinómetro	17+875	IN178751	3.5	
Extensómetro de cuerda vibrante	17+875	ECV178753LT	-284.9	
Células de presión	17+875	CP178753R	-18.0	

## Capítulo V. Comparación de deformaciones en túnel de línea y túnel de tercera vía

### 5.1 Análisis comparativo de las alternativas.

Se observa en la comparación de Hitos de nivelación, que el hito ubicado en el túnel de tercera vía (pozo 19 lado Callao) es menor que el hito ubicado en el túnel de dos vías (pozo 25 lado Callao), el valor registrado es de -2.3 mm (ver tabla 13).

Tabla 13. Hito de nivelación – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019)

INSTRUMENTO	POZO	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO(MM)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (MM/DÍA)
Hito de nivelación	19	HN179753	-8.5	0.063
	25	HN246302	-2.3	0.067

En la figura 79 se muestra los resultados del PV19, y en la figura 80 se muestra los resultados de PV25.

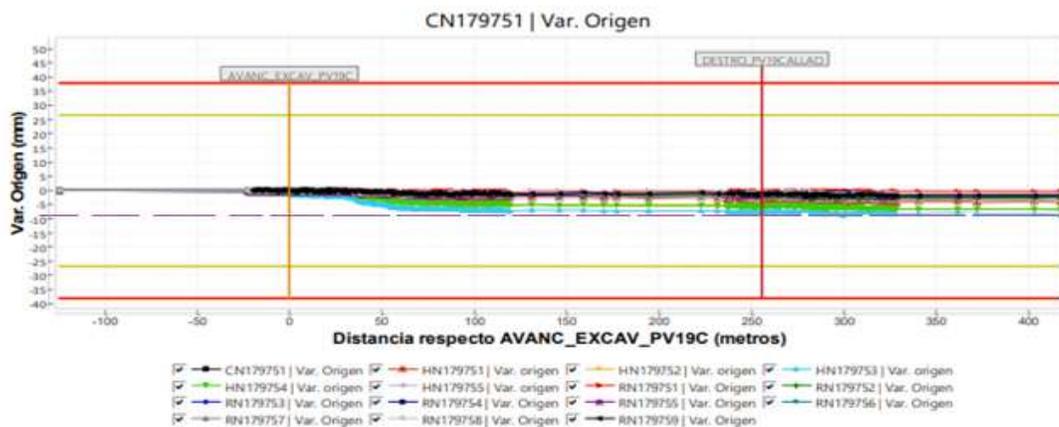


Figura 79. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel de 4 vías (APPlus, 2019)

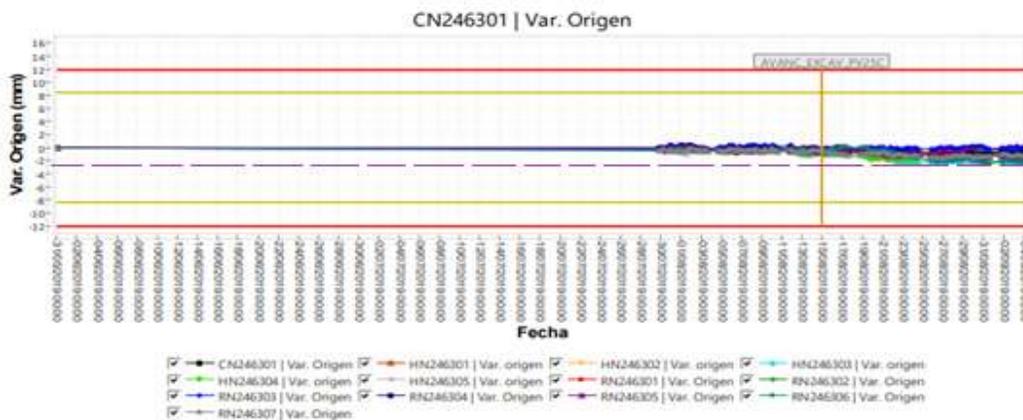


Figura 80. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019)

En la comparación de hitos de nivelación profunda se puede observar que el hito ubicado en el túnel de tercera vía (pozo 19 lado Callao) es mayor que el hito ubicado en el túnel de dos vías (pozo 25 lado Callao), el valor registrado es de -11.6 mm (ver tabla 14).

Tabla 14. Hito de nivelación profunda – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019)

INSTRUMENTO	POZO	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO(MM)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (MM/DÍA)
Hito de nivelación profunda	19	HP178755	-11.6	-0.159
	25	HP246804	-4.2	0.071

En la figura 81 se muestra los resultados del PV19, y en la figura 82 se muestra los resultados de PV25.

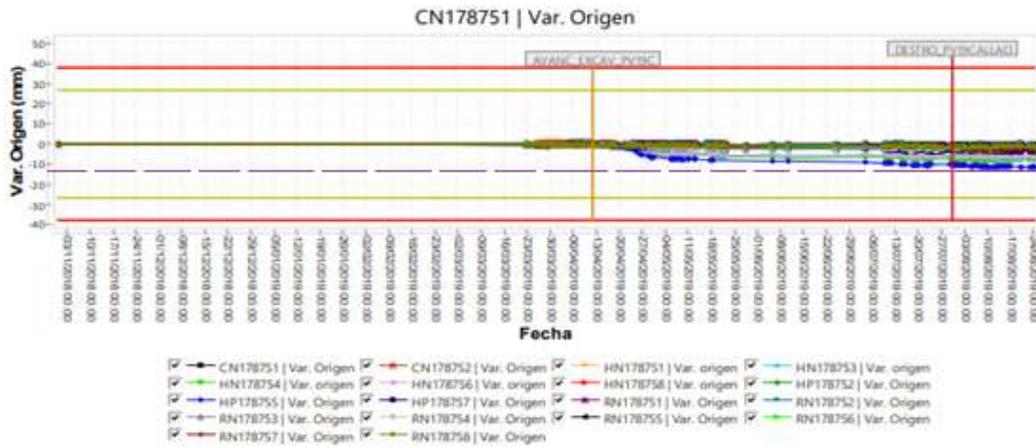


Figura 81. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel de 4 vías (APPlus, 2019)

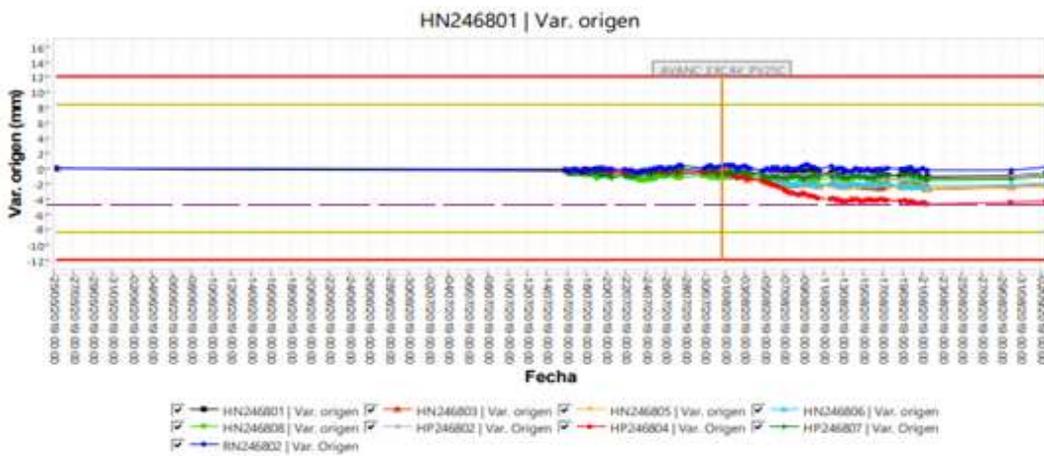


Figura 82. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019)

Se observa en la comparación de Hitos de regleta de nivelación, que el hito ubicado en el túnel de tercera vía (pozo 19 lado Callao) es mayor que el hito ubicado en el túnel de dos vías (pozo 25 lado Callao), el valor registrado es de -2.7 mm (ver tabla 15).

Tabla 15. Hito regleta de nivelación – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019)

INSTRUMENTO	POZO	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO(MM)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (MM/DÍA)
Regleta de nivelación	19	RN178754	-2.7	-0.096
	25	RN246306	-2.3	0.027

En la figura 83 se muestra los resultados del PV19, y en la figura 84 se muestra los resultados de PV25.

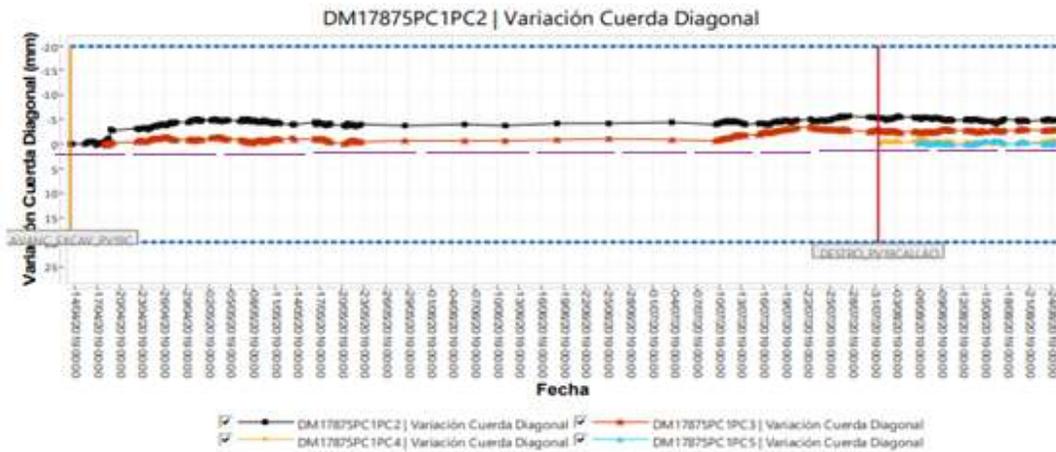


Figura 83. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel de 4 vías (APPlus, 2019)

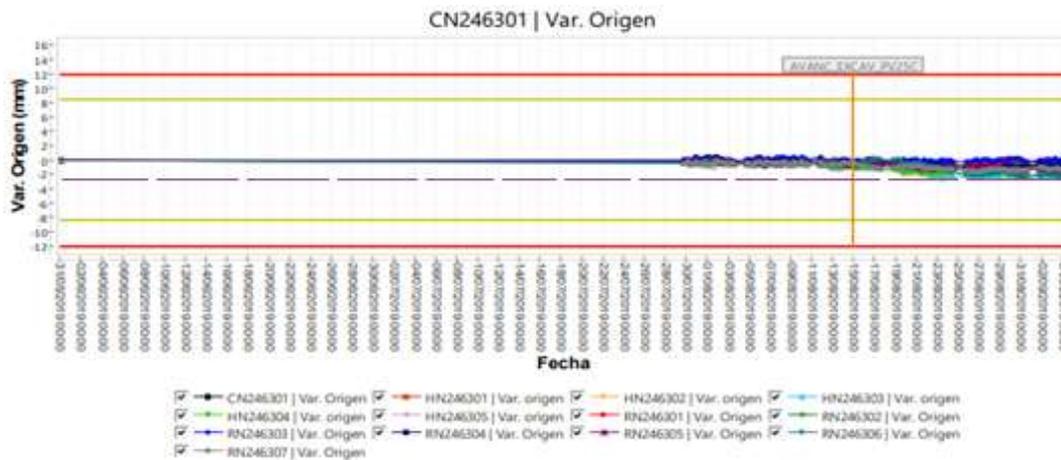


Figura 84. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019)

Se observa en la comparación de Hitos de dianas de convergencia, que el hito ubicado en el túnel de tercera vía (pozo 19 lado Callao) es mayor que el hito ubicado en el túnel de dos vías (pozo 25 lado Callao), el valor registrado es en el PK17 975 de -5.1 mm (ver tabla16).

Tabla 16. Hito dianas de convergencia – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019)

INSTRUMENTO	POZO		CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO(MM)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (MM/DÍA)
Dianas de convergencia	19	17+975	DM17975PC1PC2	-5.1	0.002
	25	24+680	DM24680PC1PC2	-3.2	-0.027

En la figura 85 se muestra los resultados del PV19, y en la figura 86 se muestra los resultados de PV25.

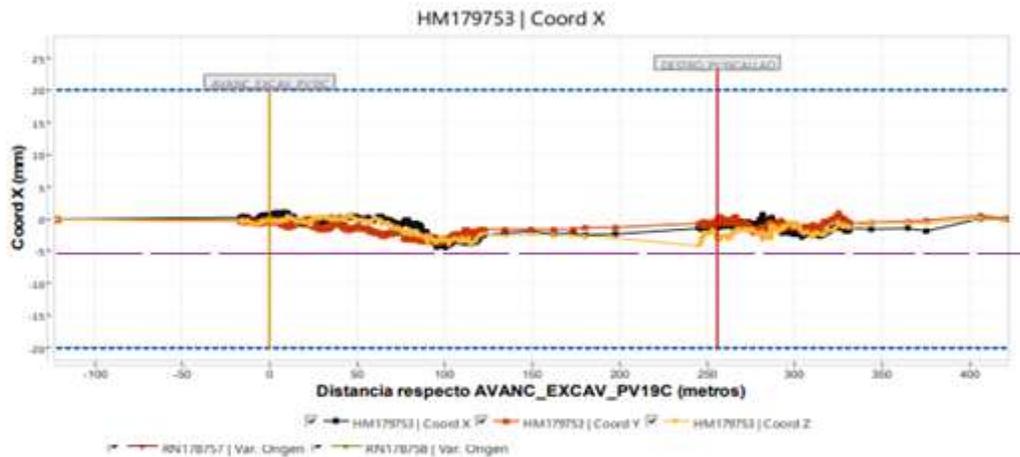


Figura 85. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel de 4 vías (APPlus, 2019)

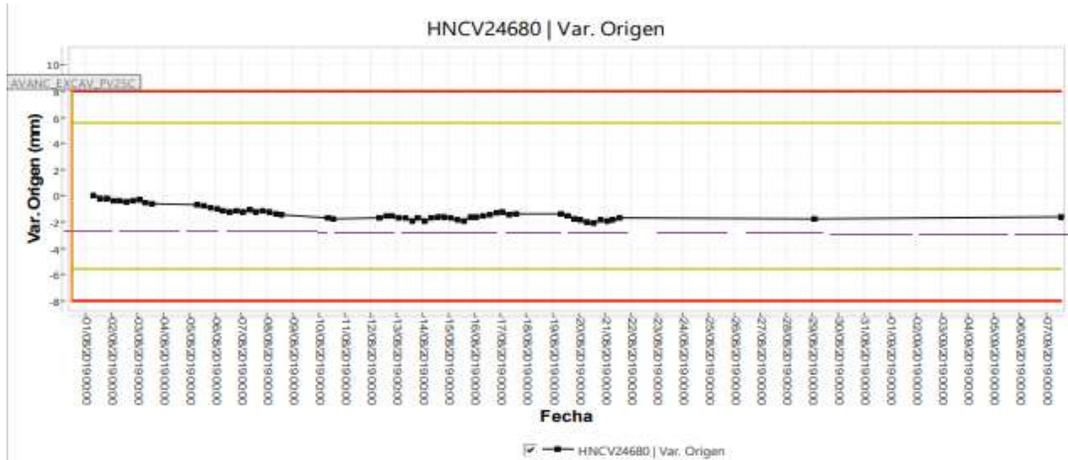


Figura 86. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019)

Se observa en la comparación de Hitos de miniprisma de convergencia, que el hito ubicado en el túnel de tercera vía (pozo 19 lado Callao) es mayor que el hito ubicado en el túnel de dos vías (pozo 25 lado Callao), el valor registrado en el PK17 975 de 18.5 mm.

Tabla 17. Hito miniprisma de convergencia – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019)

INSTRUMENTO	POZO		CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO(MM)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (MM/DÍA)
Miniprisma de convergencia	19	17+975	HNCV17975	-18.5	-0.035
	25	24+905	HNCV24905	-4.2	0.003

En la figura 87 se muestra los resultados del PV19, y en la figura 88 se muestra los resultados de PV25.

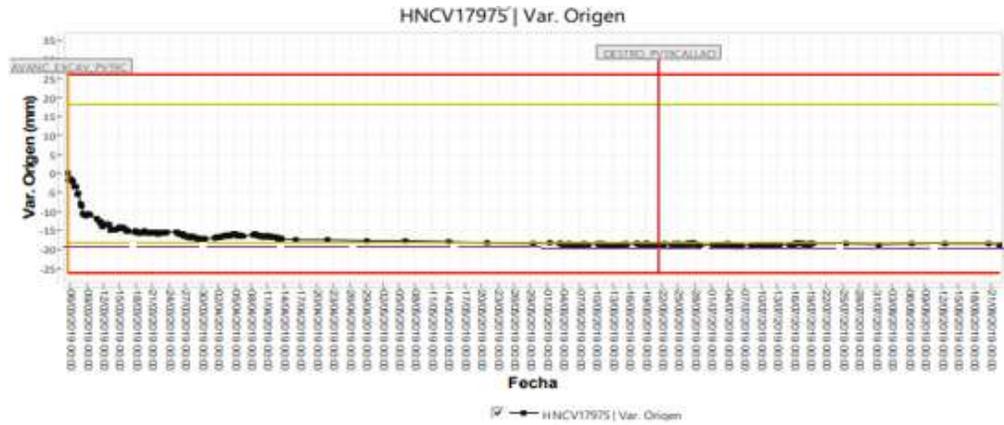


Figura 87. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel de 4 vías (APPlus, 2019)

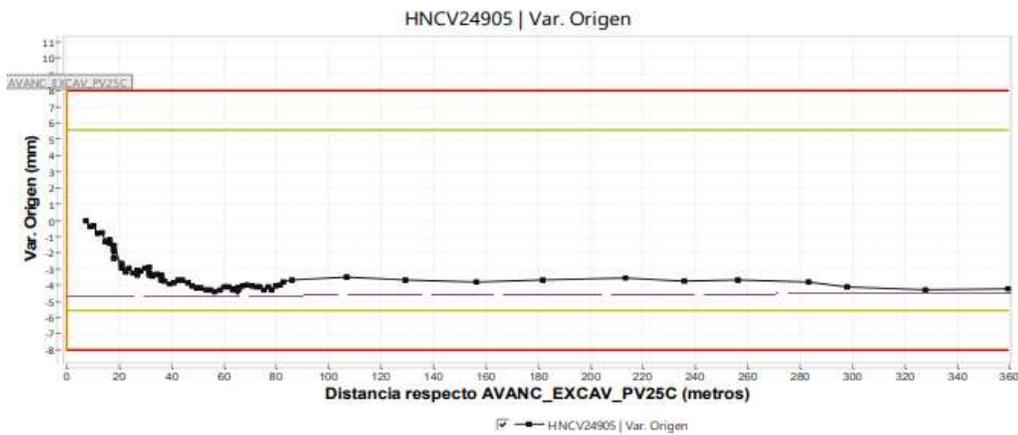


Figura 88. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019)

Se observa en la comparación de Hitos pernos de convergencia, que el hito ubicado en el túnel de tercera vía (pozo 19 lado Callao) es mayor que el hito ubicado en el túnel de dos vías (pozo 25 lado Callao), el valor registrado en el PK17 925 es de -5.5 mm (ver tabla 18).

Tabla 18. Hito pernos de convergencia – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019)

INSTRUMENTO	POZO		CÓDIGO	MAX VAL REGISTRADO(MM)	VELOC. DEFORM. (MM/DÍA)
Pernos de convergencia	19	17+925	DC17925PC2PC3	-5.5	
	25	24+970	DC24970PC2PC3	-3.6	

En la figura 89 se muestra los resultados del PV19, y en la figura 90 se muestra los resultados de PV25.

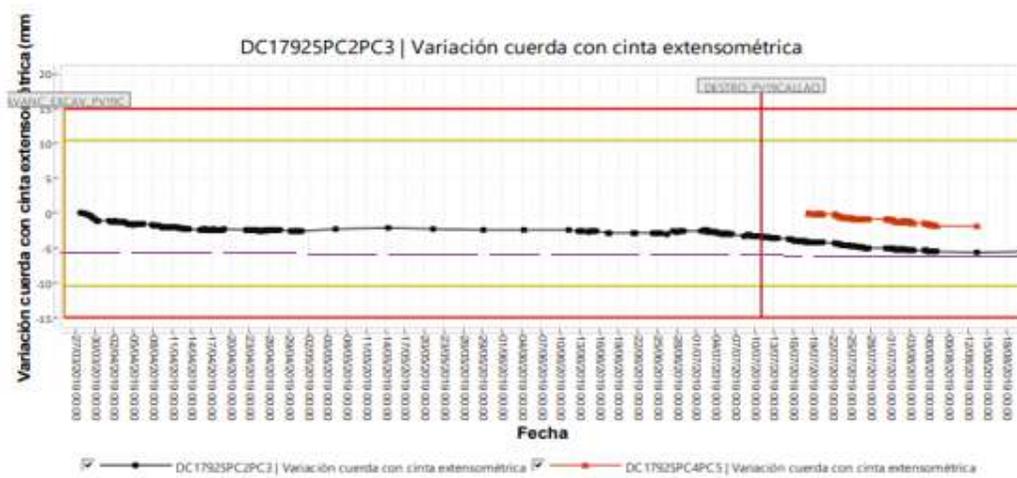


Figura 89. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel 4 vías (APPlus, 2019)

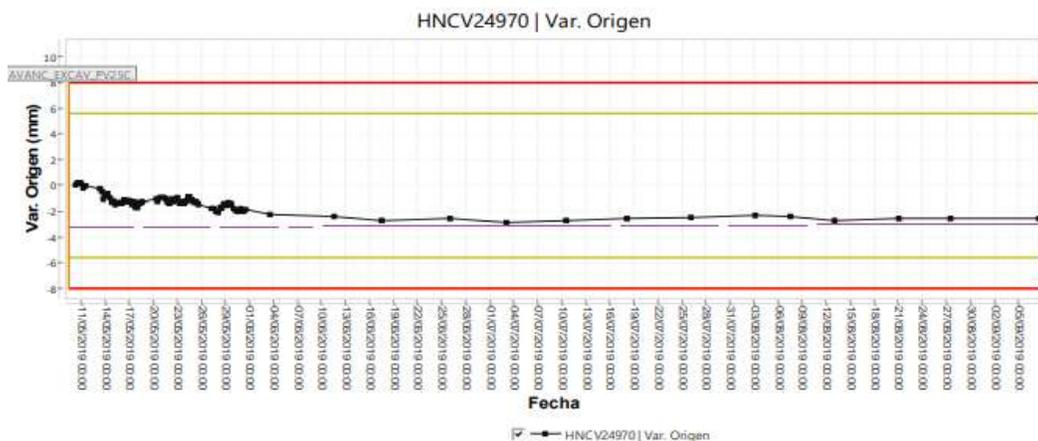


Figura 90. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019)

Se observa en la comparación de Hitos inclinómetro, que el hito ubicado en el túnel de tercera vía (pozo 19 lado Callao) es mayor que el hito ubicado en el túnel de dos vías (pozo 25 lado Callao), el valor registrado en el PK 17 875 es de 3.5 mm (ver tabla19).

Tabla 19. Hito del inclinómetro – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019)

INSTRUMENTO	POZO		CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO(MM)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (MM/DÍA)
Inclinómetro	19	17+875	IN178751	3.5	
	25	24+680	IN246802	1.0	

En la figura 91 se muestra los resultados del PV19, y en la figura 92 se muestra los resultados de PV25.

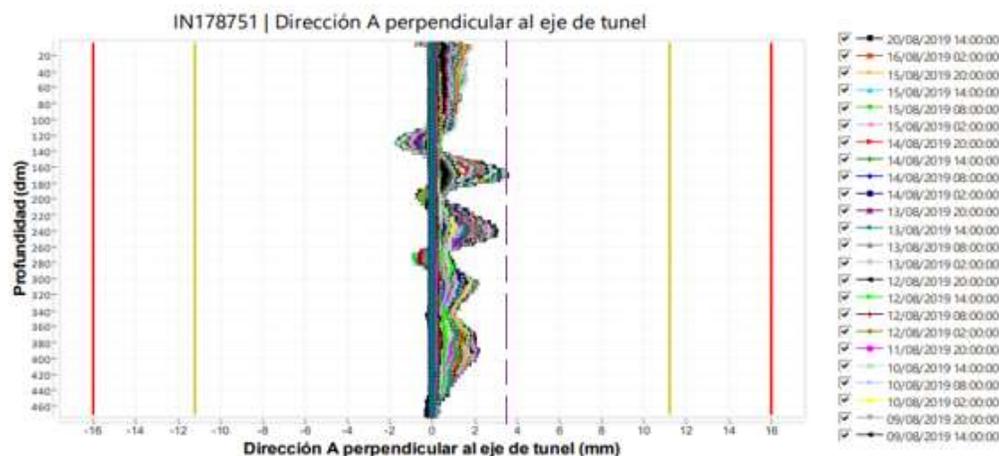


Figura 91. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel 4 vías (APPlus, 2019)

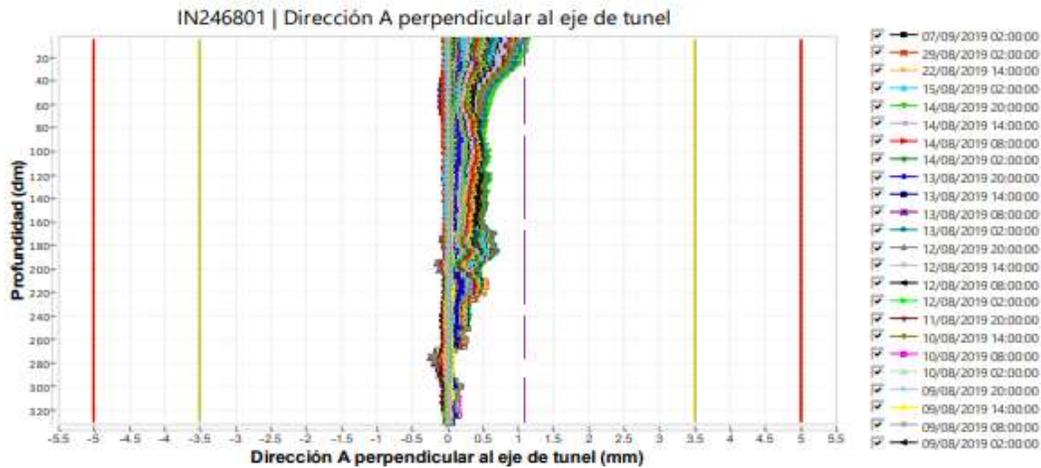


Figura 92. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019)

Se observa en la comparación del Hitos extensómetro de cuerda vibrante, que el hito ubicado en el túnel de tercera vía (pozo 19 lado Callao) es mayor que el hito ubicado en el túnel de dos vías (pozo 25 lado Callao), el valor registrado es de -284.9 mm (ver tabla 20).

Tabla 20. Hito extensómetro de cuerda vibrante – comparación PV19 y PV25

INSTRUMENTO	POZO		CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO(MM)	VELOC. DEFORM. (MM/DÍA)
Extensómetro de cuerda vibrante	19	17+875	ECV178753LT	-284.9	
	25	24+680	ECV246802LT	-115.1	

En la figura 93 se muestra los resultados del PV19, y en la figura 94 se muestra los resultados de PV25.

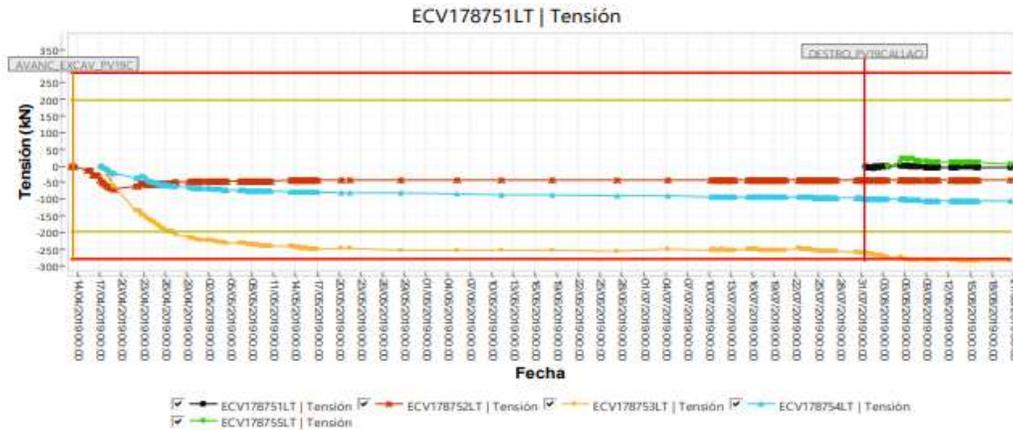


Figura 93. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel 4 vías (APPlus, 2019)

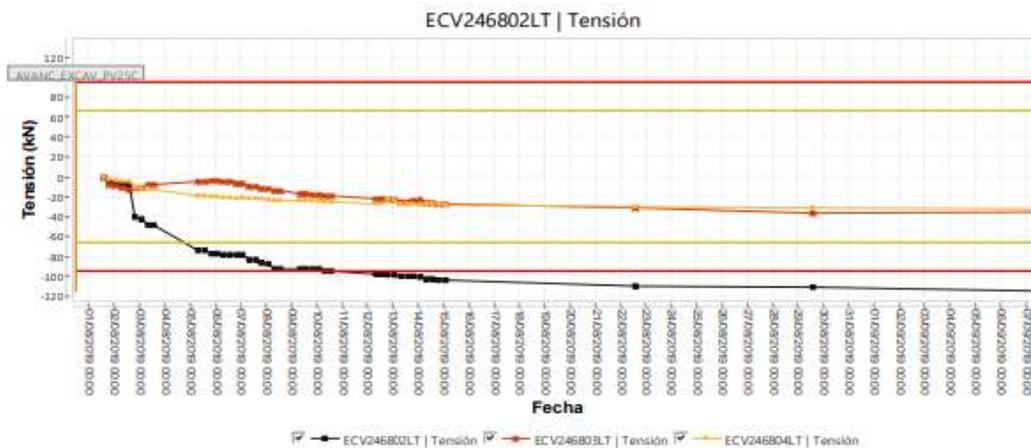


Figura 94. Gráfica de monitoreo de PV25 lado Callao túnel 2 vías (APPlus, 2019)

Se observa en la comparación de Hitos de células de presión, que el hito ubicado en el túnel de dos vías (pozo 25 lado Callao) es mayor que el hito ubicado en el túnel de tercera vía (pozo 19 lado Callao), el valor registrado es de -23.6 mm (ver tabla 21).

Además, en la figura 95 se muestra los resultados del PV19, y en la figura 96 se muestra los resultados de PV25.

Tabla 21. Hito células de presión – comparación PV19 y PV25 (APPlus, 2019)

INSTRUMENTO	POZO		CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO(MM)	VELOC DEFOR (MM/DÍA)
Células de presión	19	17+875	CP178753R	-18.0	
	25	24+880	CP248802R	-23.6	

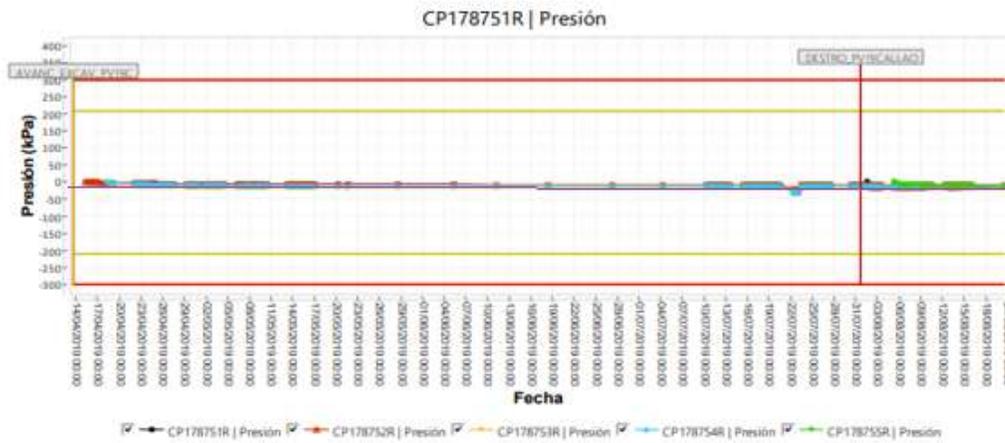


Figura 95. Gráfica de monitoreo de PV19 lado Callao túnel 4 vías (APPlus, 2019)

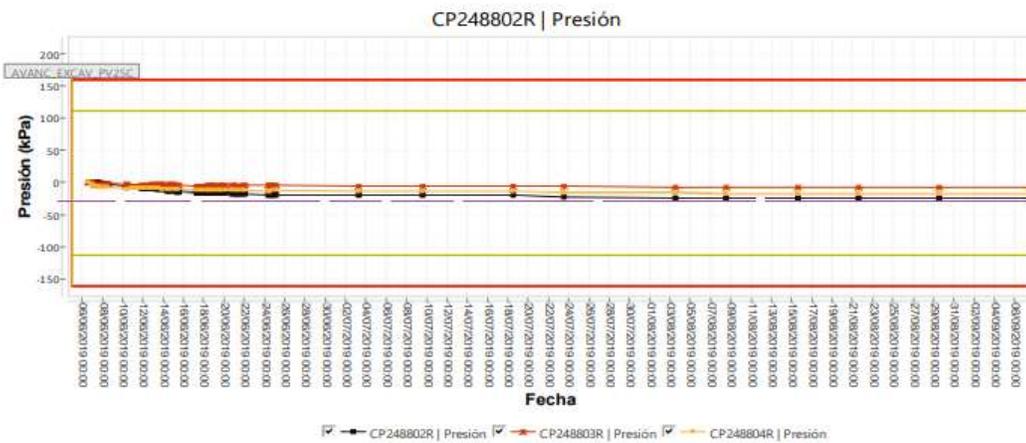


Figura 96. Gráfica de monitoreo de PV 25 lado Callao túnel 4 vías (APPlus, 2019)

Analizando todos los valores de las mediciones registradas en los instrumentos empleados en las secciones seleccionadas en ambos tipos de túnel, y sin que estas mediciones hayan superado los valores del umbral, podemos construir una tabla en donde se resume la información obtenida. (ver tabla 22).

Tabla 22. Comparación de valores de deformación obtenidas de cada instrumento (APPlus, 2019)

TÚNEL DE TERCERA VÍA		TÚNEL DE DOS VÍAS		INSTRUMENTO
MÁXIMO VALOR REGISTRADO (MM)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (MM/DÍA)	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (MM)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (MM/DÍA)	
-8.5	0.063	-2.3	0.067	Hito de nivelación
-11.6	-0.159	-4.2	0.071	Hito de nivelación profunda
-2.7	-0.096	-2.3	0.027	Regleta de nivelación
-5.1	0.002	-3.2	-0.027	Dianas de convergencia
-18.5	-0.035	-4.2	0.003	Miniprisma de convergencia
-5.5		-3.6		Pernos de convergencia
3.5		1.0		Inclinómetro
-284.9		-115.1		Extensómetro de cuerda vibrante
-18		-23.6		Células de presión

Luego de observar el cuadro anterior, el análisis comparativo de los resultados de deformaciones obtenidas en cada instrumento colocado en las secciones seleccionadas del túnel de cuatro vías y del túnel de dos vías es como sigue:

#### **Análisis comparativo de los valores del hito de nivelación**

Se observa que en los registros máximos de hito de nivelación en el túnel de cuatro vías tenemos mayor asentamiento, ya que la deformación registrada por este instrumento, la cual ocurre en la superficie de la sección del túnel de dos vías, es alrededor del 27% de los valores registrados en túnel de cuatro vías.

#### **Análisis comparativo de los valores del hito de nivelación profunda**

En el análisis comparativo de hitos de nivelación profunda se observa que el valor máximo registrado por este instrumento en túnel de dos vías es alrededor del 36% de los valores registrados en el túnel de cuatro vías.

#### **Análisis comparativo de los valores de las regletas de nivelación**

En las comparaciones de las regletas de nivelación que como ya se indicó en el fundamento teórico, son instrumentos que van generalmente en los edificios, se observa que los valores máximos registrados en túnel de dos vías son alrededor del 85% del valor máximo registrado en el túnel de cuatro vías. Estos valores son relativamente cercanos debido a que estos instrumentos se encuentran instalados en lugares alejados de la sección del túnel, es decir no están en la vía, se encuentran en las viviendas que están a los costados del eje del túnel.

#### **Análisis comparativo de los valores de las dianas de convergencia**

Luego de efectuar el análisis comparativo en las dianas de convergencia, se observa que las deformaciones por las desviaciones ocurridas las secciones del túnel en donde se colocaron estos instrumentos, en el caso del túnel de línea o túnel de dos vías, esta deformación es alrededor del 63% de los valores registrados en las dianas de convergencia instaladas en las secciones del túnel de cuatro vías.

#### **Análisis comparativo de los valores del miniprisma de convergencia**

En el análisis comparativo de los valores obtenidos por el miniprisma de convergencia, que como ya se explicó, es un instrumento que se instala en la clave del túnel, se observa que las deformaciones ocurridas en el túnel de dos vías son alrededor de 22% de los valores registrados en el túnel de cuatro vías. También se ha podido observar

que en esta sección las deformaciones en el túnel de cuatro vías han estado muy cerca del umbral máximo permitido.

Finalmente se puede observar, luego del análisis comparativo de los valores de deformaciones obtenidos por cada instrumento instalado en las secciones seleccionadas en el túnel de dos vías con respecto al túnel de cuatro vías, que las deformaciones que ocurren durante la construcción del túnel de cuatro vías son mayores a las deformaciones registradas en los mismos instrumentos instalados en las secciones de los túneles de dos vías.

En este análisis comparativo, se ha hecho la representación gráfica de los datos obtenidos en campo y se ha establecido como variable de comparación los valores máximos de cada instrumento. Estos valores máximos se han representado en las tablas y gráficos mostrados en el presente capítulo. Esta forma de análisis se plantea porque se considera que estos valores representan las diferencias que se pueden encontrar en cada método de construcción, pues se entiende que lo que cambia son las dimensiones, mas no el proceso constructivo.

## Conclusiones

- Una vez realizado el análisis de los valores de la instrumentación colocada en el túnel de línea (túnel de dos vías) se ha comprobado que los registros de desplazamiento alrededor de la excavación del túnel, es decir metros antes y metros después de la sección, las medidas no superan los valores del umbral, es decir se tienen valores inferiores a los valores esperados de diseño.
- Respecto a los valores para la convergencia se puede decir que el orden de las magnitudes de la medida es muy reducido, tal es así que puede confundirse con el error de medición del equipo, por ello no se puede extraer conclusiones acerca del comportamiento preciso del terreno, sin embargo, se puede decir que el efecto de la excavación se mantiene estable.
- Dado los valores observados en los distintos equipos de monitoreo, se puede decir que los parámetros geotécnicos del terreno son mejores a los parámetros del suelo registrados en el monitoreo, puesto que ningún caso superó el umbral máximo permitido.
- Luego de observar los valores del monitoreo, se puede considerar (inferir que los parámetros del suelo son mejores a los especificados en el estudio geológico geotécnico) que las propiedades geotécnicas realmente encontradas en la construcción de este tramo de túnel, que es la grava de los conglomerados de Lima, tanto referente a los parámetros resistentes de cohesión y fricción, como a los parámetros elásticos de módulos de Young, son superiores a las determinadas en el estudio geológico geotécnico.
- Luego de hacer el análisis comparativo en el túnel de cuatro vías y el túnel de dos vías, se ha observado que en los registros máximos de hito de nivelación en el túnel de cuatro vías tenemos mayor asentamiento que, es cerca de tres veces que el asentamiento en túnel de dos vías.
- Se puede decir que la deformación que ocurre en superficie, en los hitos de nivelación, en la sección del túnel de dos vías es alrededor del 27% de los valores registrados en túnel de cuatro vías.
- En el análisis comparativo de hitos de nivelación profunda se observa que, el valor máximo registrado en túnel de dos vías es alrededor del 36% de los valores registrados en el túnel de 4 vías.

- En las comparaciones de las regletas de nivelación que son instrumentos que van generalmente en los edificios, se observa que los valores máximos registrados en túnel de dos vías son alrededor del 85% del valor máximo registrado en el túnel de 4 vías. Estos valores son relativamente cercanos dado que las regletas están ubicadas en lugares alejados de la sección del túnel, es decir no están en la vía, están en las viviendas que están a los costados del eje del túnel.
- Luego de hacer la comparación en las dianas de convergencia, se observa que las deformaciones por las desviaciones ocurridas en el túnel de línea o túnel de dos vías es alrededor del 63% de los valores registrados en el túnel de cuatro vías, estas desviaciones se observan en las secciones del túnel.
- En la comparación del miniprisma de convergencia, que son instrumentos que están ubicados en la clave del túnel, se observa que las deformaciones ocurridas en el túnel de dos vías son alrededor de 22% de los valores registrados en el túnel de cuatro vías, en esta sección las deformaciones en el túnel de cuatro vías han estado muy cerca del umbral máximo permitido.
- En general luego del análisis comparativo de la instrumentación ejecutada en túnel de dos vías con respecto al túnel de cuatro vías, podemos concluir que las deformaciones que ocurren en la construcción del túnel de cuatro vías son mayores a las deformaciones que ocurren en los túneles de dos vías. Con estos resultados podemos validar la hipótesis planteada en la presente tesis.
- Toda información que se pueda obtener de los monitoreos en túnel y en superficie es importante para la construcción de obras subterráneas. En especial, si se trata de obras que se realizan en zonas urbanas, como Lima, ya que, de realizarse correctamente, la ejecución de la obra será clara, ordenada y concisa.

## Recomendaciones

- En esta investigación se ha hecho el análisis comparativo de las deformaciones en los instrumentos de monitoreo entre túnel de cuatro vías y túnel de dos vías para trenes subterráneos; sin embargo, como línea de investigación se podría plantear que se haga el análisis comparativo incluyendo a los túneles lineales o túneles de una vía para metro subterráneo, lo cual complementaría significativamente las deformaciones que puedan ocurrir en distintas dimensiones de túneles para metros en la grava de Lima o en este tipo de suelos.
- Dada la importancia de la información que los instrumentos y monitoreos brindan de un conglomerado, esto les otorga un gran poder sobre el control de la construcción del túnel. Por ello, es necesario elegir el plan de monitoreo de forma adecuada, con instrumentos que abarquen mayor campo de conocimiento posible. Es necesario que los instrumentos de monitoreo sean los correctos, ya que de esta manera se puede minimizar los riesgos, por lo que se recomienda el uso de marcas reconocidas, que sean fiables.
- Se recomienda investigar si existen nuevos tipos de instrumentos en el mercado, los que podrían permitir al especialista a tener una mejor lectura y no cometer errores. Así como de instrumentos digitales, que ayuden a tener un mejor control de monitoreo en túneles; como una aplicación o software informático para proyectos de auscultación, por ejemplo: TUNNELDATA, es un sistema de gestión de datos de auscultación en obras subterráneas con mayor facilidad de carga y menos tiempo de espera.
- Es importante que los especialistas se mantengan actualizados, por lo que se recomienda capacitaciones técnicas al personal de auscultación de túneles en zonas urbanas.
- Se podría usar para el monitoreo en túneles un escáner laser, ya que permitiría una representación completa del frente de excavación y todo el entorno conforme se va realizando los trabajos.

## Referencias bibliográficas

- Acuña – Borbón, G. (2019). *Instrumentación Para Producir Información Geotécnica En Proyectos De Construcción De Túneles Viales*. [Proyecto de Grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/24276>
- Applus Perú. (2016-2019). Applus. Recuperado de: [http://www.applus.com.pe/es/ServiceSheet/instrumentation\\_&\\_monitoring](http://www.applus.com.pe/es/ServiceSheet/instrumentation_&_monitoring)
- Consorcio Línea Uno (2012). Propuesta Técnica: Parte 1 – Documentos Técnicos Volumen IX. Panamá.
- Consorcio Metro 2 Lima (2016), Estudio Definitivo de Ingeniería Túnel de línea Tramo 5 Lima.
- Consorcio Metro 2 Lima (2018), Estudio Definitivo de Ingeniería Túnel de línea tramo estación San Juan de Dios – Evitamiento y Mercado Santa Anita- estación Ate (final Línea 2). Lima.
- Laboratorio de Geotecnia CEDEX, Equipos de Auscultación e Instrumentación, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino – España.
- López Jimeno, C. (2011). *Manual de Túneles y Obras Subterráneas*. Editorial Gráficas Arias Montano S.A. Madrid – España.
- Morera de la Vall, G. (2016). *Instrumentación y monitorización geotécnica del nuevo túnel “El Melón”* [Proyecto Fin de Grado, Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Minas Y Energía, Madrid – España]. Archivo digital UPM. <https://oa.upm.es/42989/>
- PROINVERSIÓN (2013). Línea 2 y Ramal Av. Faucett – Av. Gambetta de la Red Básica del metro de Lima y Callao. Lima, 2013.
- Retamozo, J. (2013). *Planeamiento de la excavación de un túnel*. [informe de suficiencia, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Ingeniería. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/14405>

## Anexos

Anexo 1. Monitoreo en túnel de cuatro vías .....	1
Anexo 2. Plano zona de monitoreo PV19.....	82

## Anexo 1. Monitoreo en túnel de cuatro vías

El monitoreo realizado el 24 de marzo del 2019 mostro los siguientes resultados: se ha cruzado las secciones de monitoreo PK 17+975, PK 17+925, PK 17+875 y PK 17+825, se ha obtenido un valor de -6.8 mm para el HP180754, en las otras secciones no se observa tendencia en esta semana.

Tabla 1. Valores en superficie 24.03. 2019

INSTRUMENTO	POZO	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-6.6	-0.098	21/03/2019 20:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP180754	-6.8	0.095	18/03/2019 14:00:00

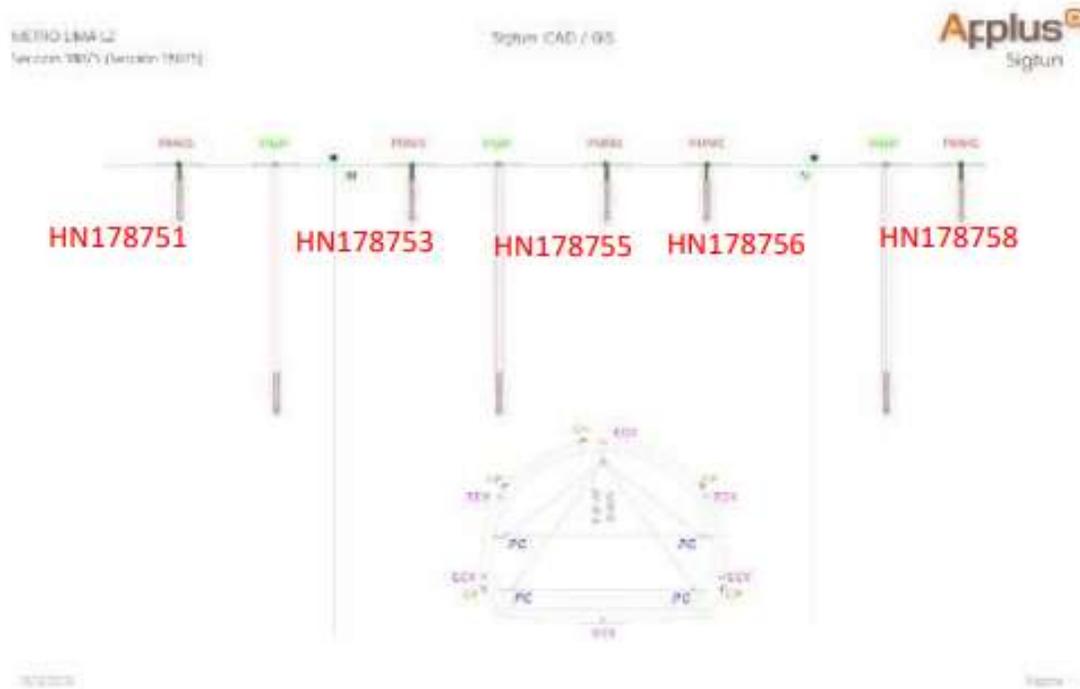
Fuente: APPlus

Tabla 2. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-4.3	-0.079	23/03/2019 08:00:00
		DM17975PC1PC3	-1	-0.059	22/03/2019 02:00:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-1.9	-0.507	23/03/2019 08:00:00
		DM17950PC1PC3	-0.1	0.195	19/03/2019 02:00:00
	17+925	DM17925PC1PC2	0	0	23/03/2019 20:00:00
MINIPRISMAS DE CONVERGENCIA	17+975	HNCV17975	-15.7	-0.012	22/03/2019 02:00:00
	17+950	HNCV17950	-11.4	-1.56	23/03/2019 08:00:00
	17+925	HNCV17925	0	0	23/03/2019 20:00:00
PERNOS DE CONVERGENCIA	18+000	DC18000PC2PC3	-2.9		21/03/2019 14:00:00
	17+975	DC17975PC2PC3	-1.3		20/03/2019 14:00:00
	17+950	DC17950PC2PC3	-1.1		24/03/2019 20:00:00

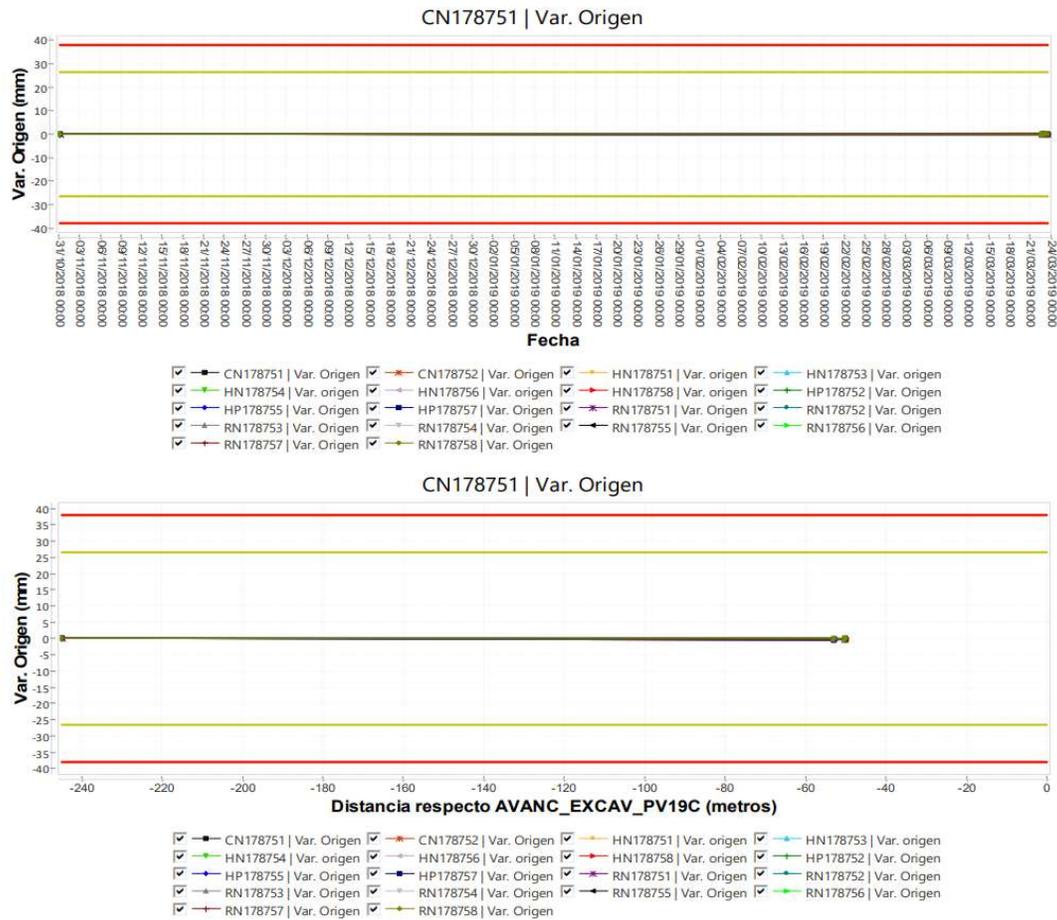
Fuente: APPlus

Figura 1. Sección PK 17 875



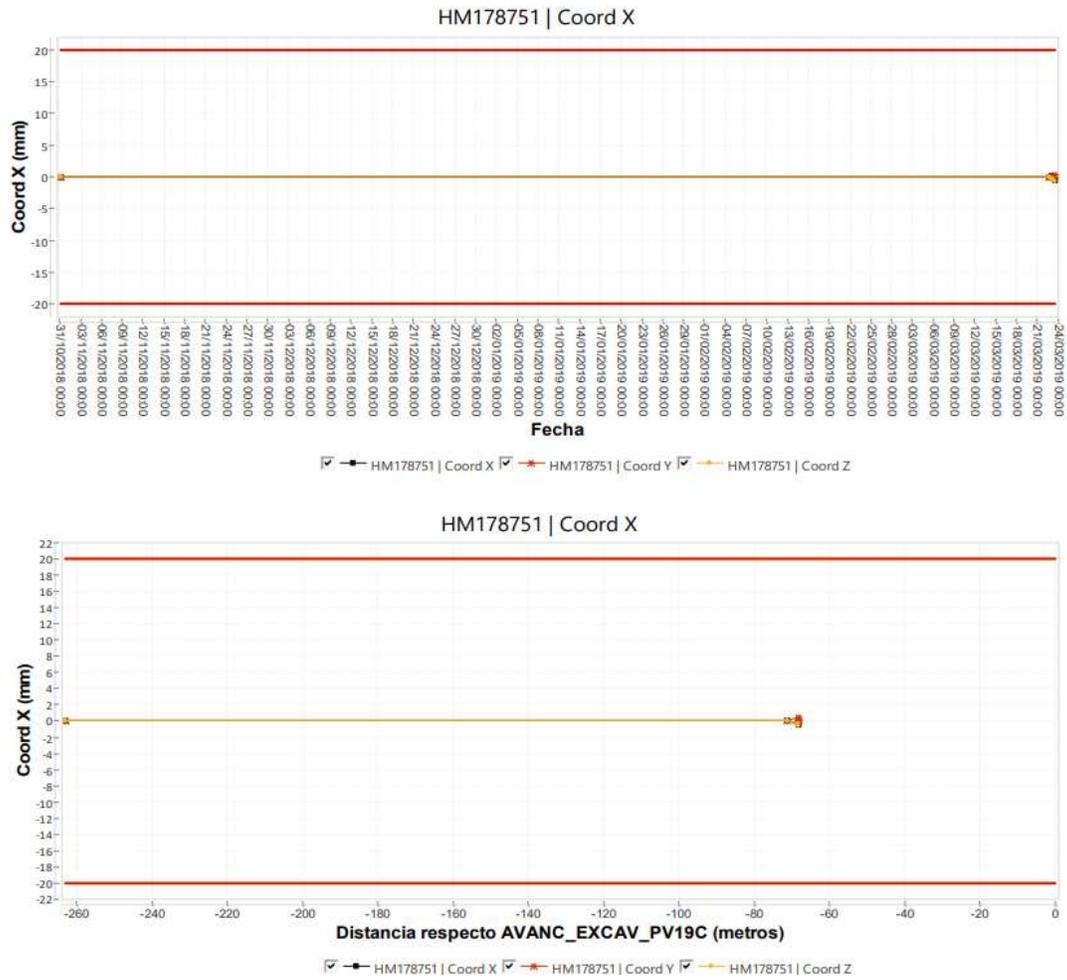
Fuente: APPlus

Figura 2. PK 17 875 – Variación de origen



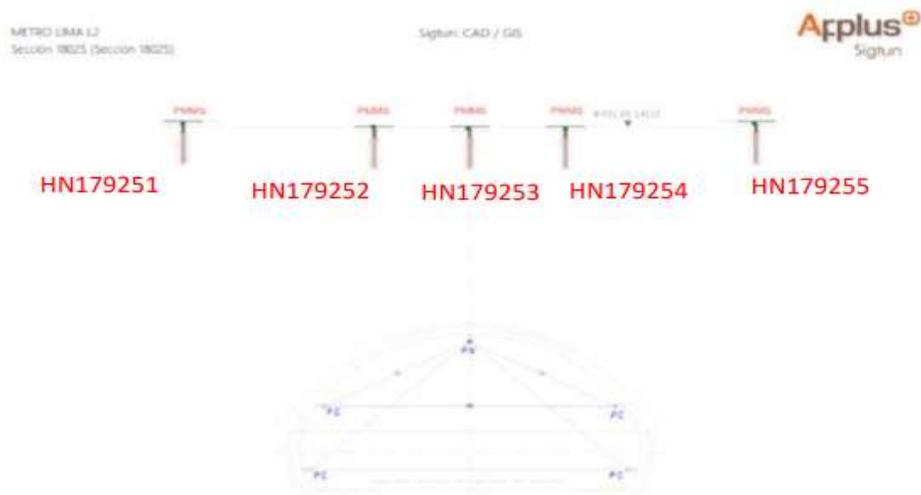
Fuente: APPlus

Figura 3. PK 17 875 - COORD X



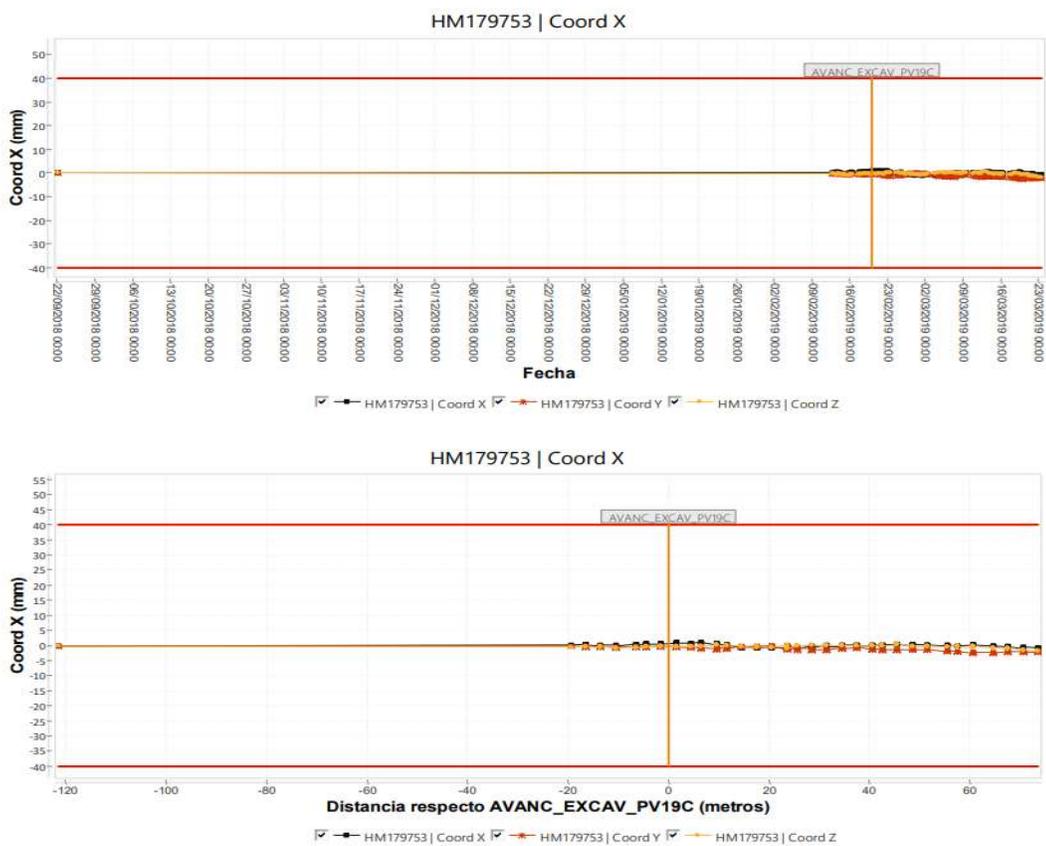
Fuente: APPlus

Figura 4. PK 17 925 en superficie



Fuente APPlus

Figura 5. PK 17 975 Coord. X



Fuente: APPlus

Figura 6. PK 17 925

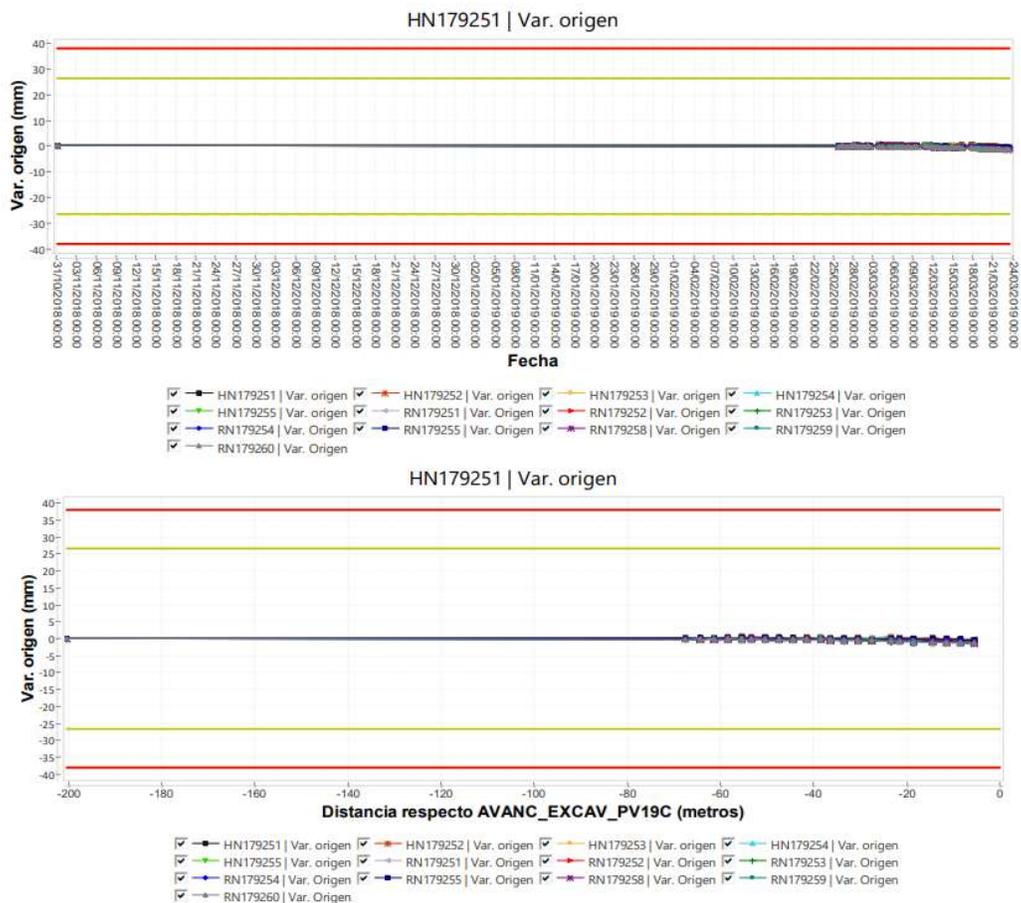
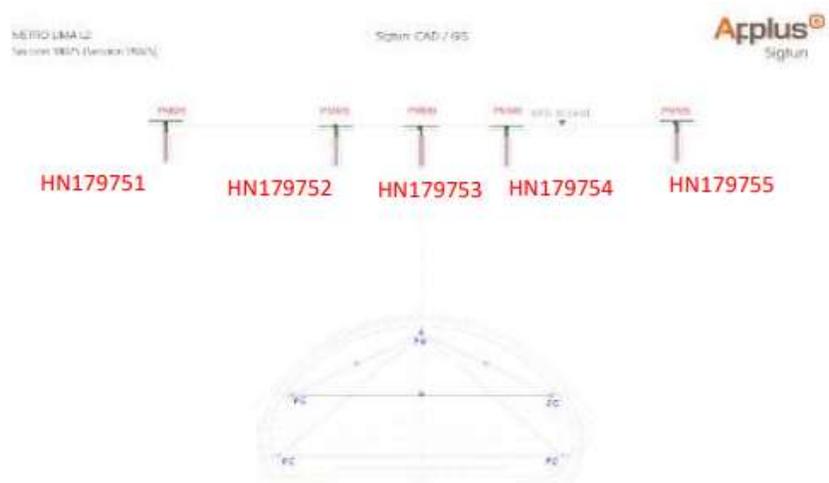


Figura 7. PK 17 975



Fuente: APPlus

Figura 8. PK 17 975 Var de origen

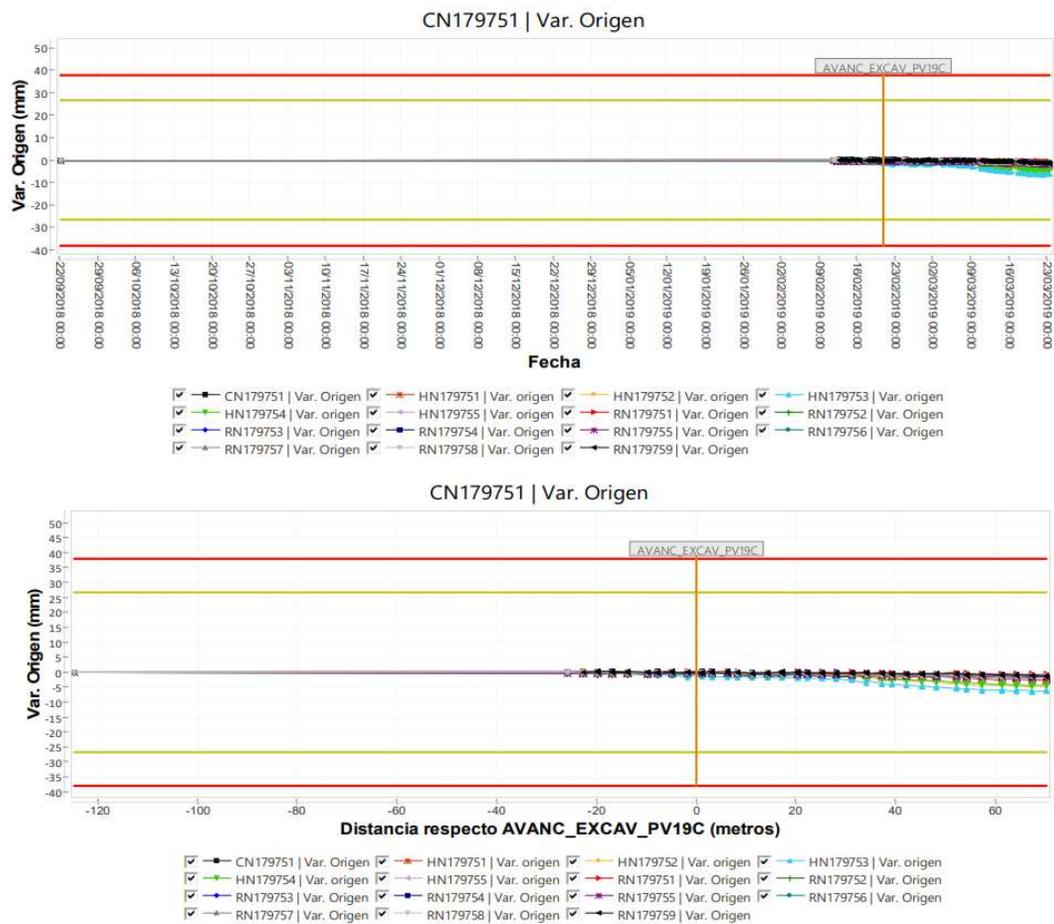
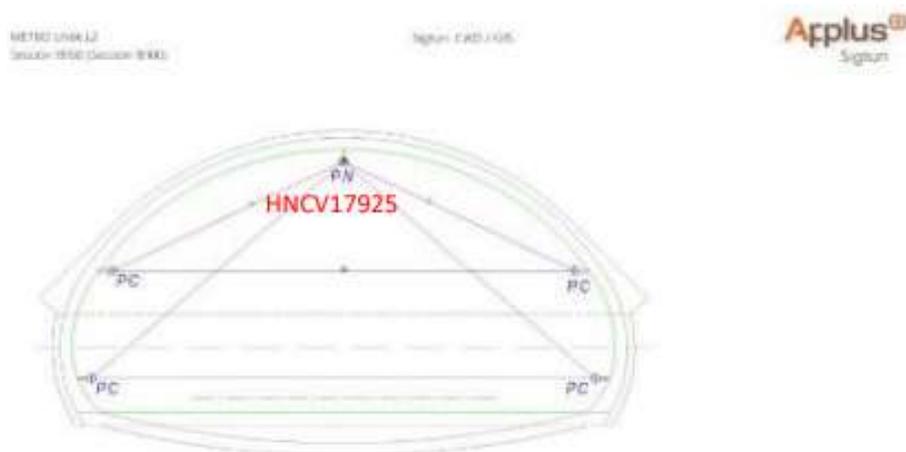
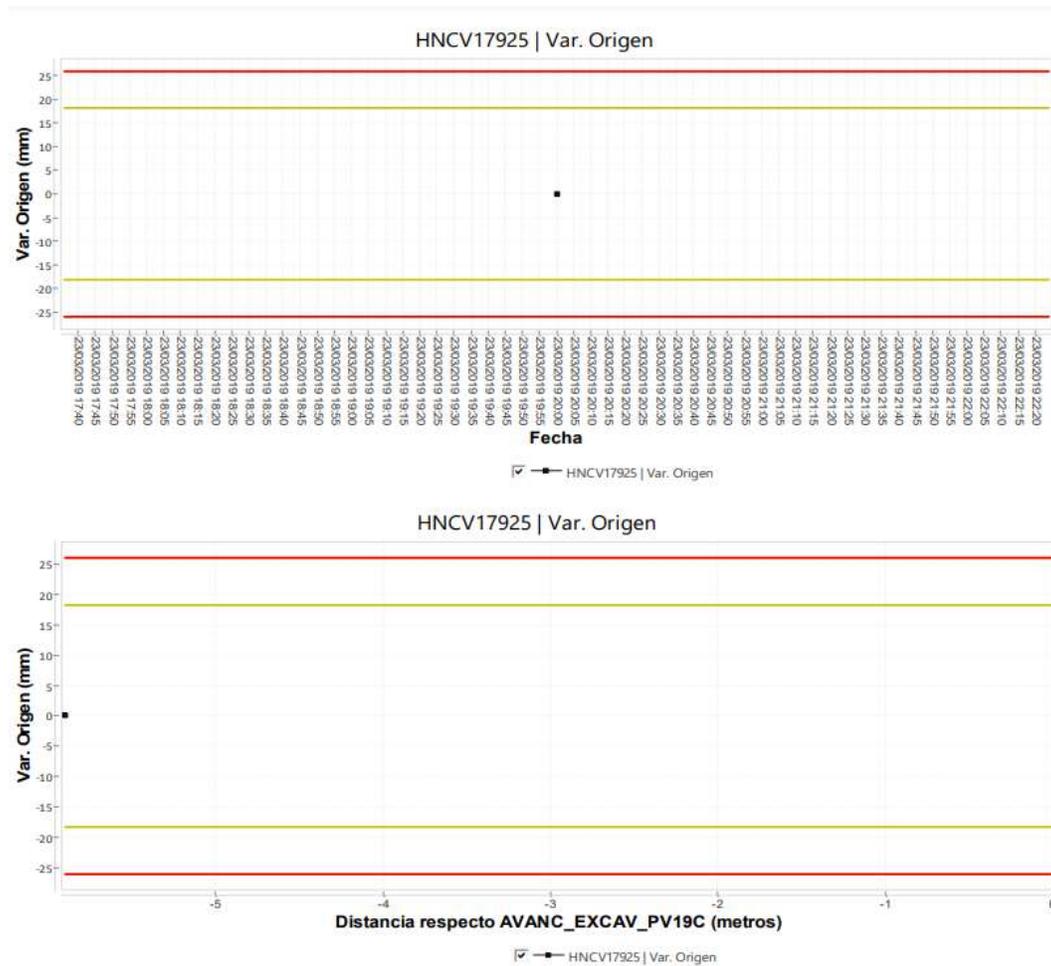


Figura 9. PK 17 925 en túnel



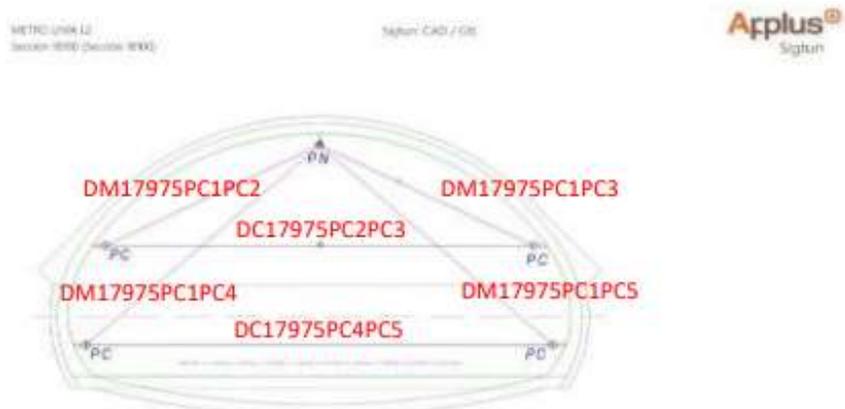
Fuente: APPlus

Figura 10. PK 17 925 Var. De Origen



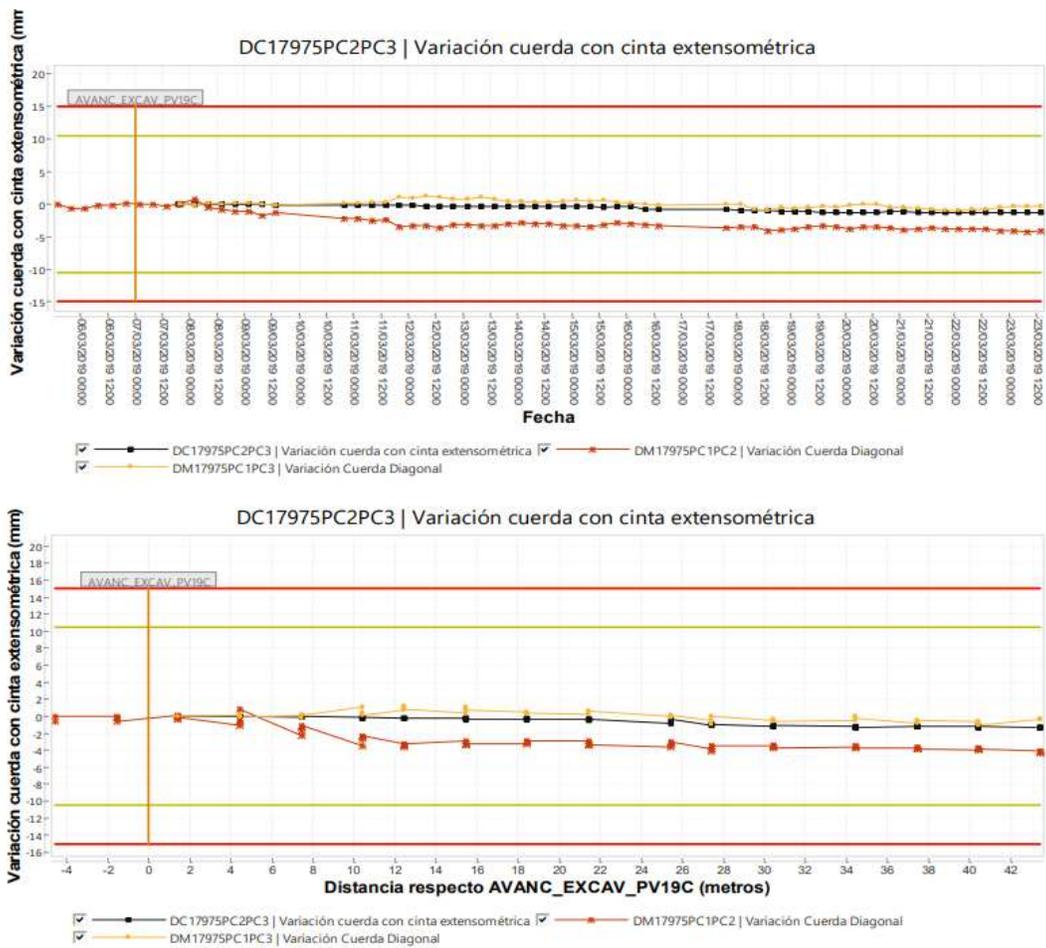
Fuente: APPlus

Figura 11. PK 17 975 monitoreo en túnel



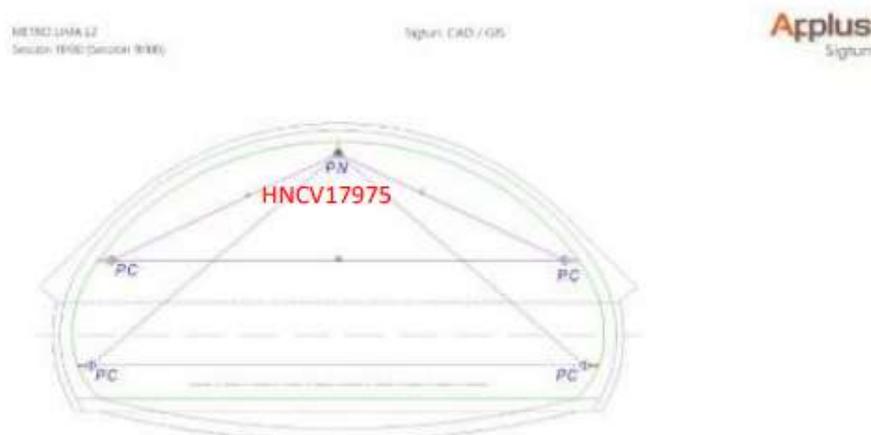
Fuente: APPlus

Figura 12. PK17 975 Var. De cuerda



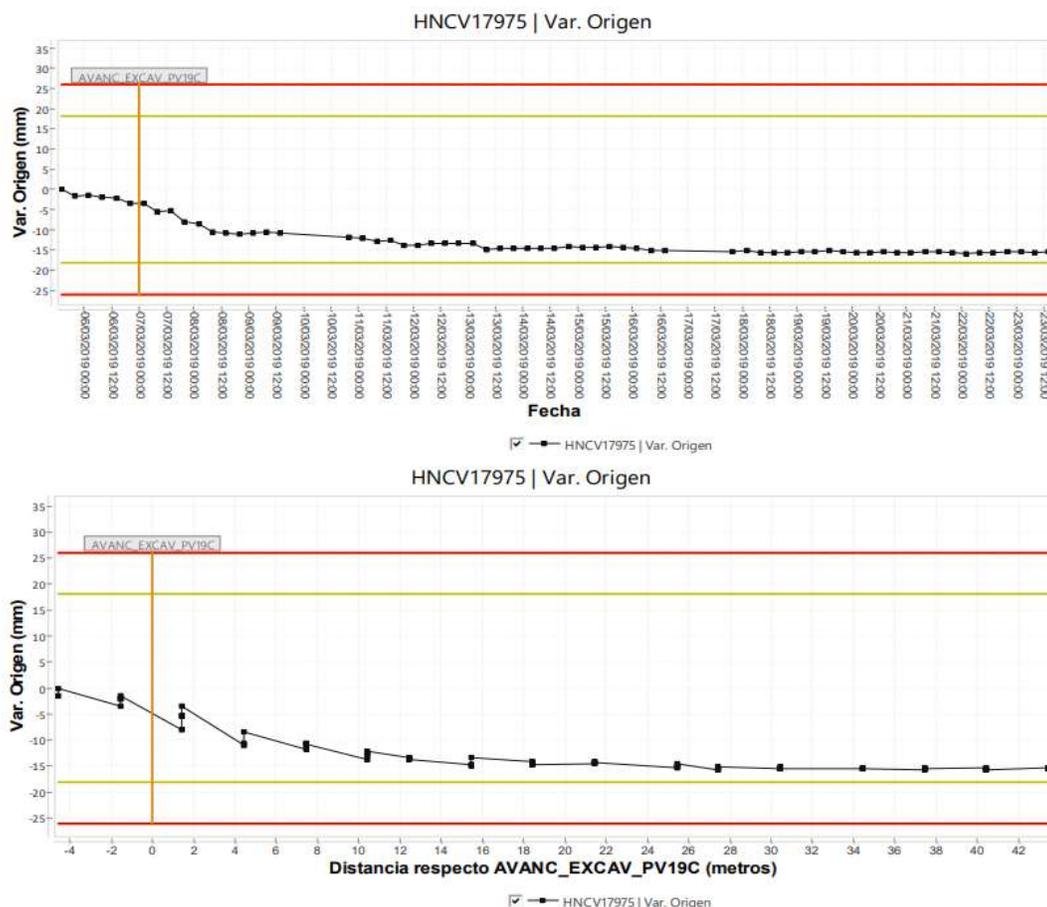
Fuente: APPlus

Figura 13. PK 17 975



Fuente. APPlus

Figura 14. PK17 975 Var. De origen



Fuente. APPlus

La construcción del túnel continúa hasta el PK 19+916.77. Cruzando la sección simple PK 19+925, obteniendo el máximo valor de -7.2mm para el instrumento de medición HM180756, hasta 31 de marzo del 2019 se han realizado el monitoreo en las secciones PK 17+975, PK17+925, PK 17+825 y PK 17+875. En estas secciones no se observan tendencias hasta la fecha mencionada.

Tabla 3. Valores en superficie al 31.03.2019

INSTRUMENTO	POZO	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-6.5	-0.028	28/03/2019 08:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP180754	-7.2	-0.089	29/03/2019 02:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN180755	-2.0	-0.046	29/03/2019 02:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM180784	-1.9		29/03/2019 02:00:00

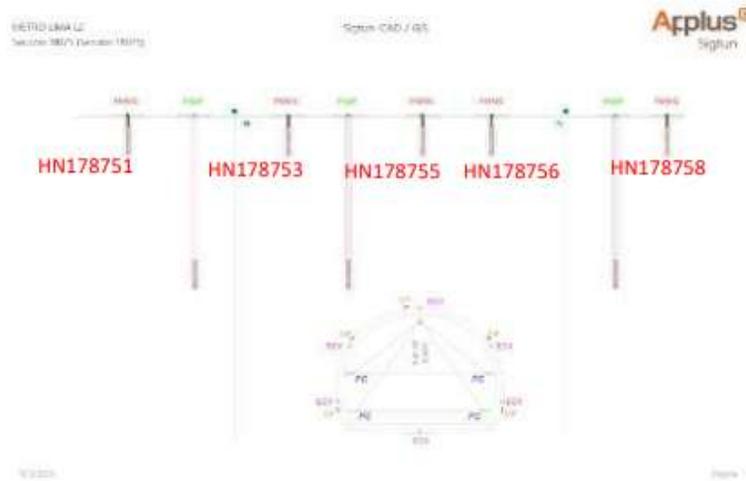
Fuente. APPlus

Tabla 4. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-3.9	0.045	25/03/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC3	-0.6	-0.026	26/03/2019 02:00:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-2.3	-0.128	30/03/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC3	0.6	0.001	28/03/2019 14:00:00
	17+925	DM17925PC1PC2	-1.9	-0.197	30/03/2019 14:00:00
		DM17925PC1PC3	-0.8	-0.365	30/03/2019 14:00:00
MINIPRISMAS DE CONVERGENCIA	17+975	HNCV17975	-17.5	-0.34	29/03/2019 20:00:00
	17+950	HNCV17950	-13.2	-0.32	29/03/2019 08:00:00
	17+925	HNCV17925	-11.7	-1.871	30/03/2019 14:00:00
PERNOS DE CONVERGENCIA	17+975	DC17975PC2PC3	-1.5		29/03/2019 20:00:00
	17+950	DC17950PC2PC3	-1.7		30/03/2019 14:00:00
	17+925	DC17925PC2PC3	-1.1		30/03/2019 14:00:00
INCLINOMETRO	17+875	IN178751	0.1		28/03/2019 14:00:00
		IN178752	0.0		29/03/2019 14:00:00

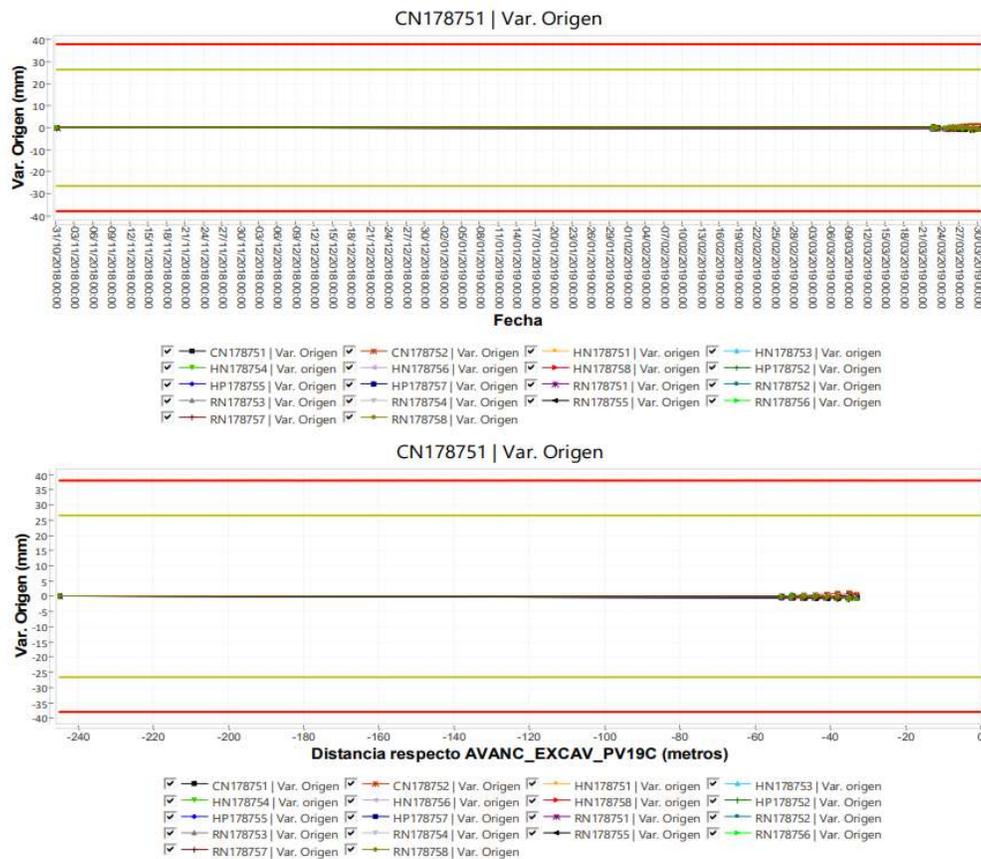
Fuente. APPlus

Figura 15. PK 17 875



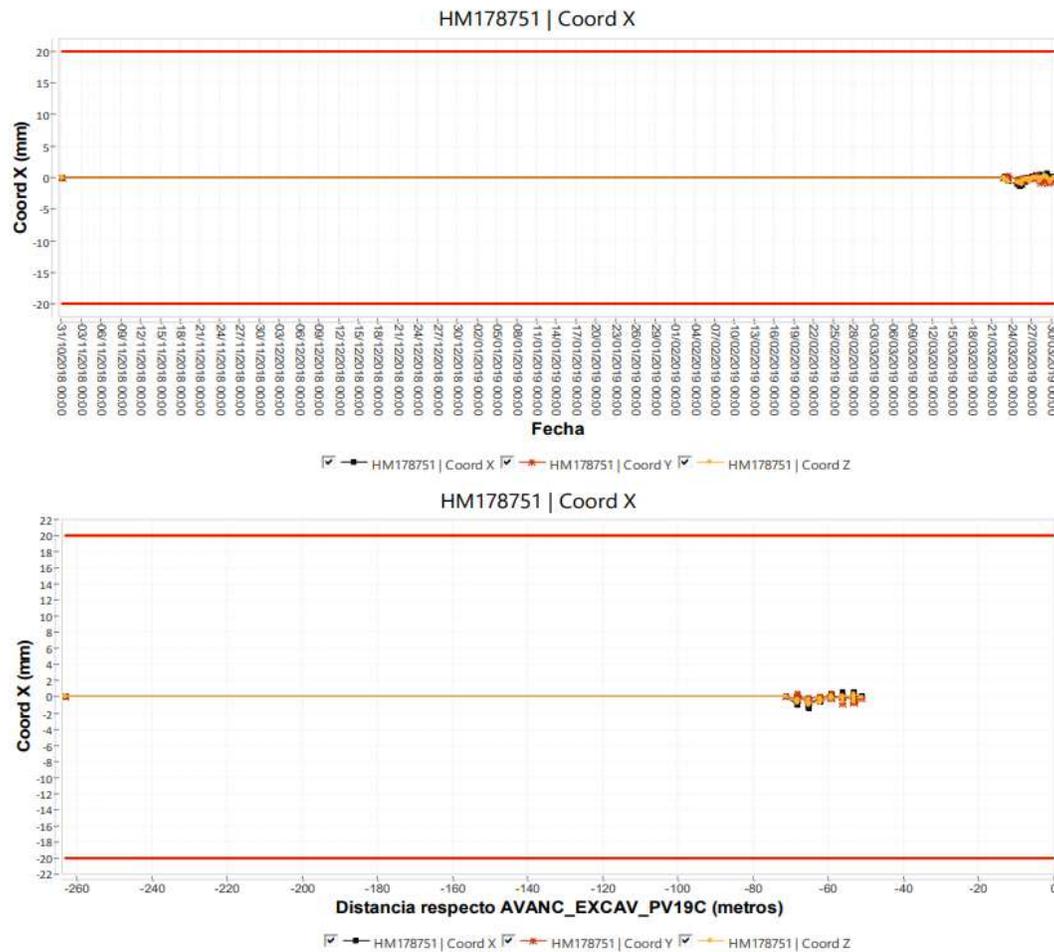
Fuente. APPlus

Figura 16. PK 17 875 Var. Origen



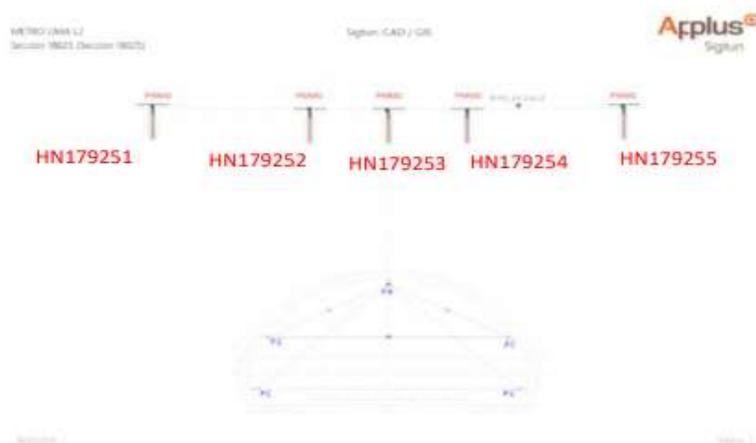
Fuente. APPlus

Figura 17. PK 17 875 Coord. X



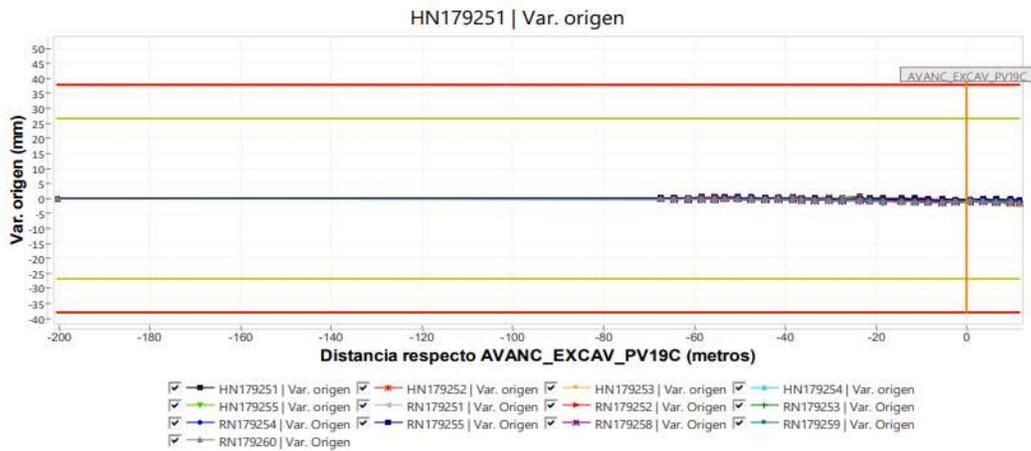
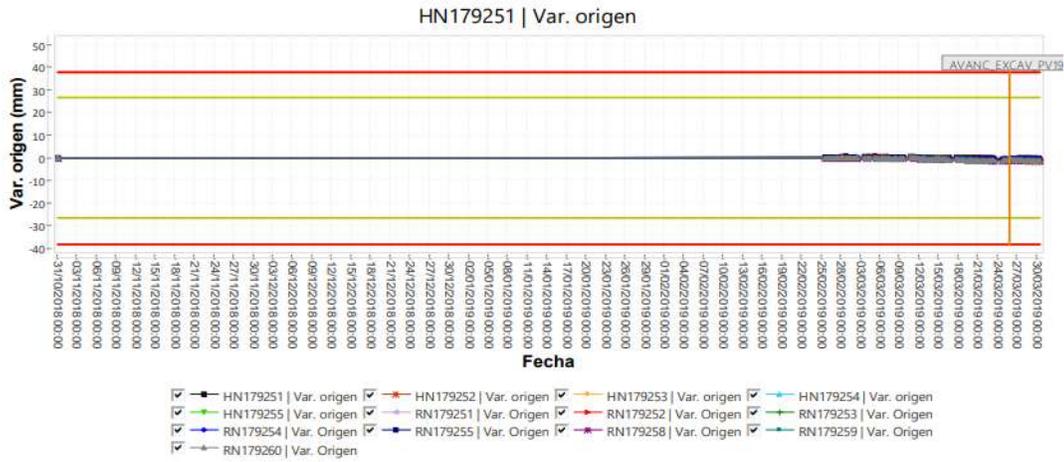
Fuente. APPlus

Figura 18. PK 17 925 en superficie



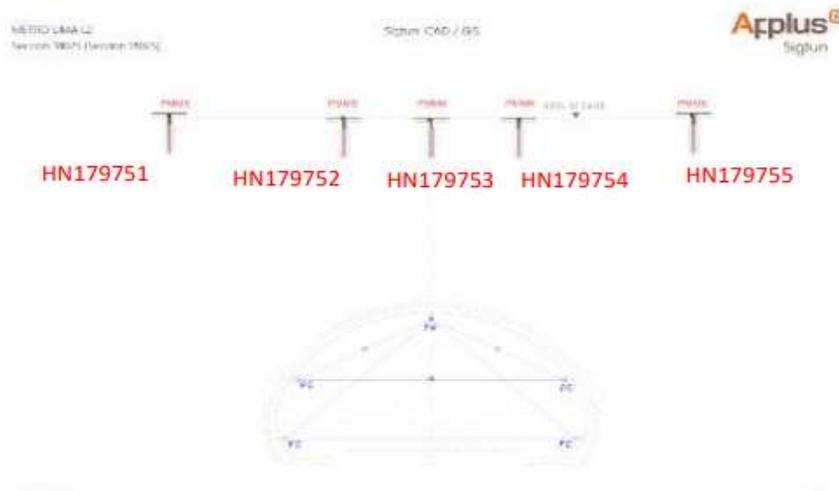
Fuente. APPlus

Figura 19. PK 17 925 Var. Origen



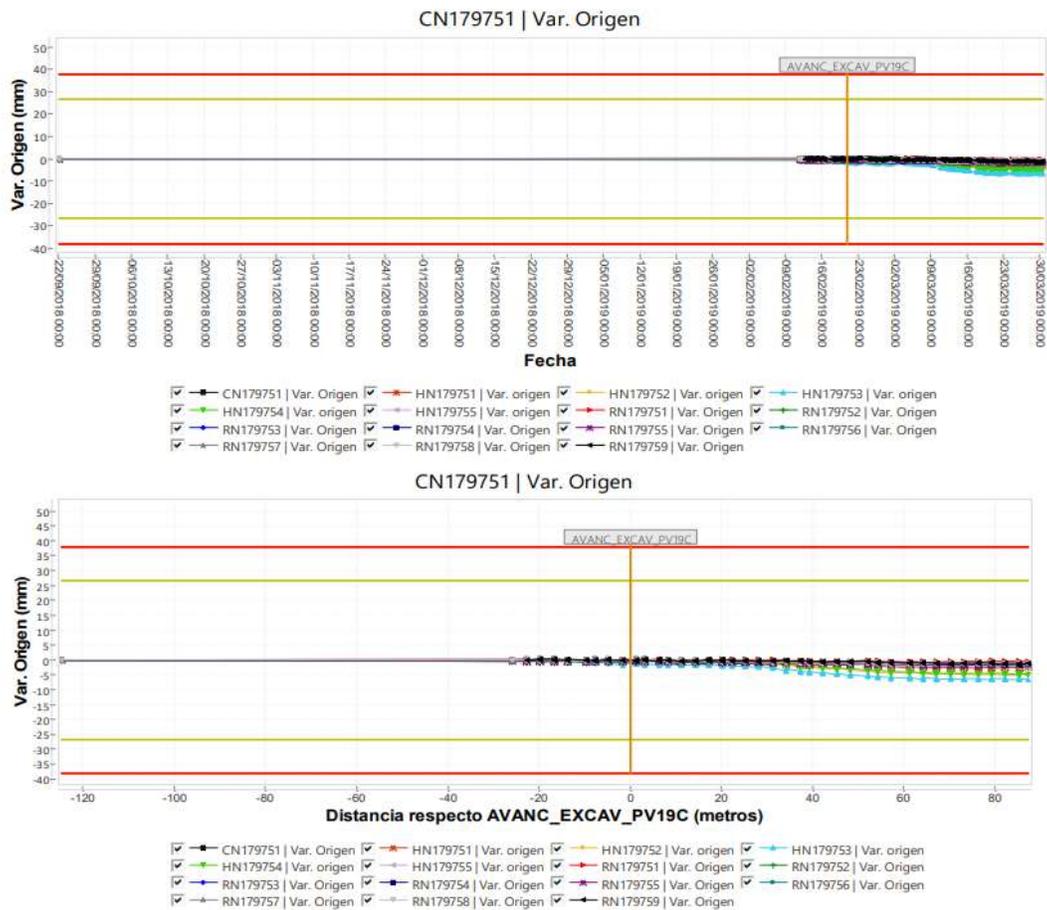
Fuente. APPlus

Figura 20. PK 17 975 en superficie



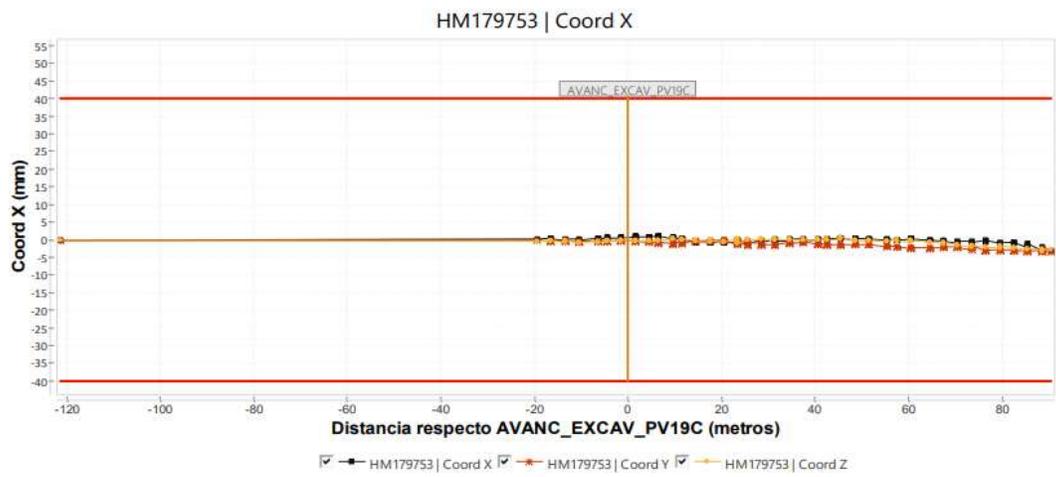
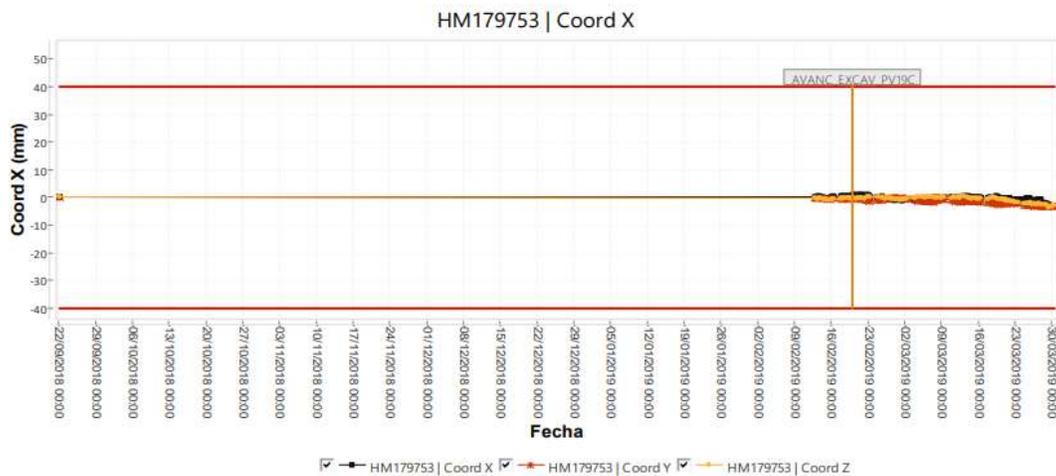
Fuente. APPlus

Figura 21. PK17 975 Var Origen



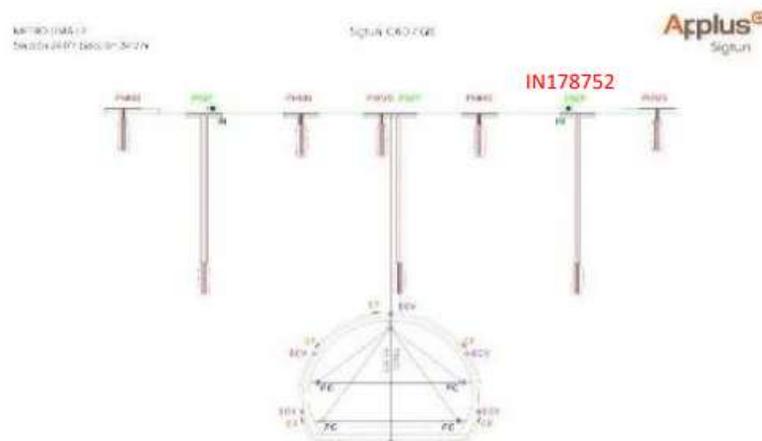
Fuente: APPlus

Figura 22. PK 17 975 Coord. X



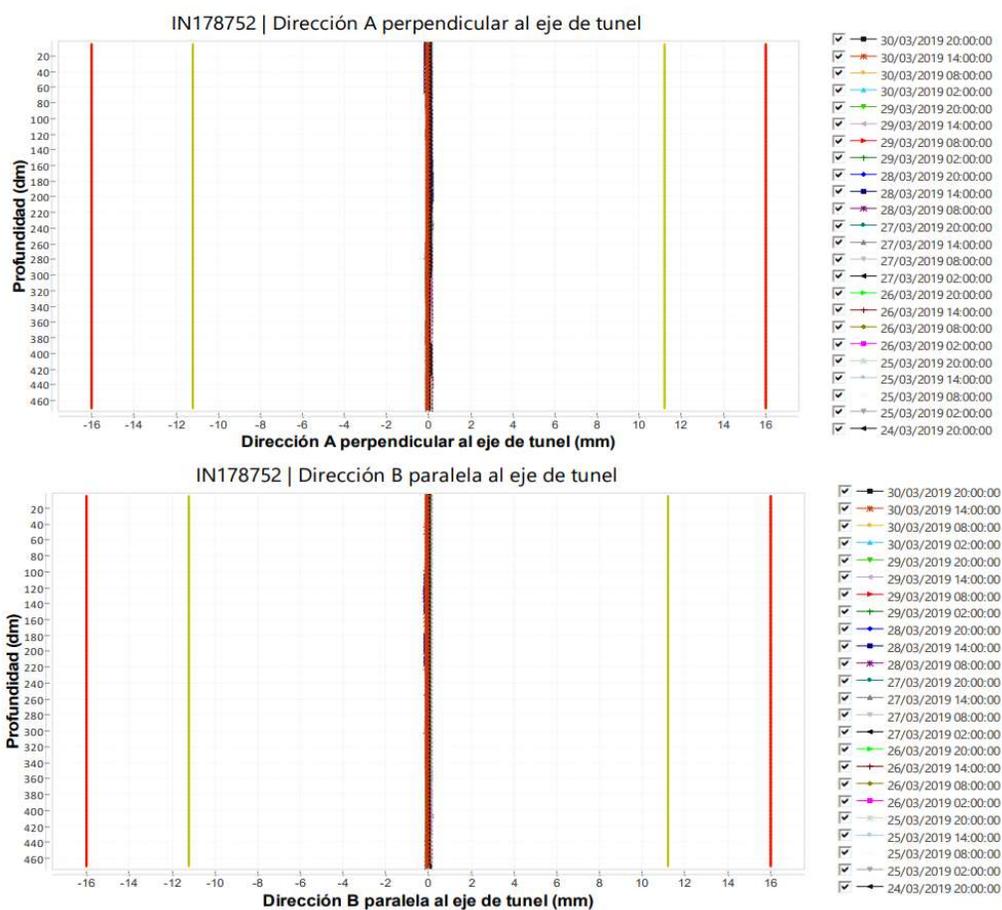
Fuente: APPlus

Figura 23. PK 17 875 Inclinómetro 2



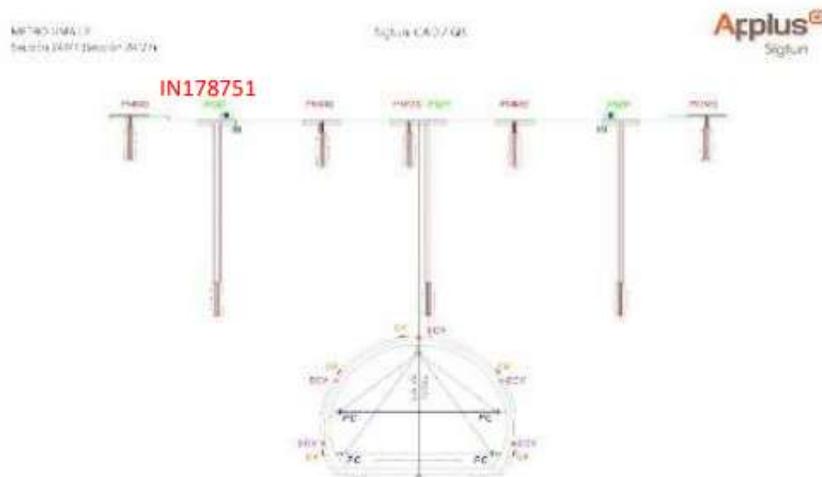
Fuente. APPlus

Figura 24. PK 17 875 eje perpendicular



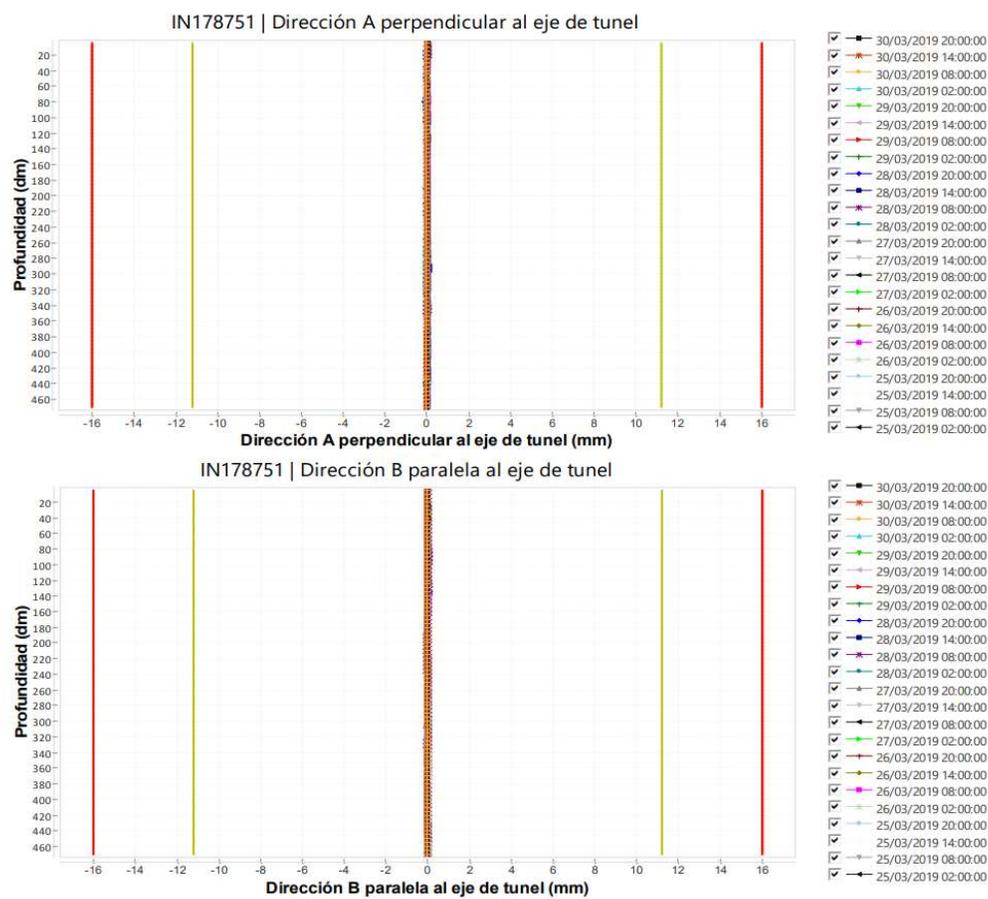
Fuente. APPlus

Figura 25. PK 17 875 Inclinómetro 1



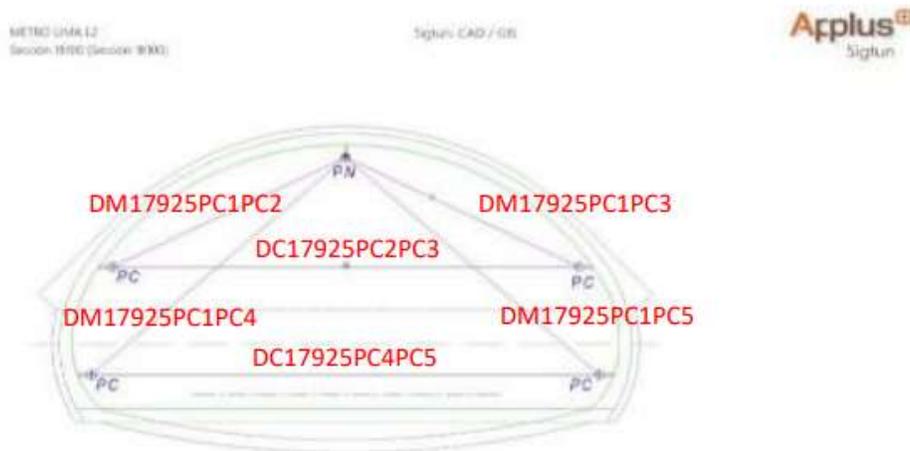
Fuente. APPlus

Figura 26. PK 17 875 Eje paralelo



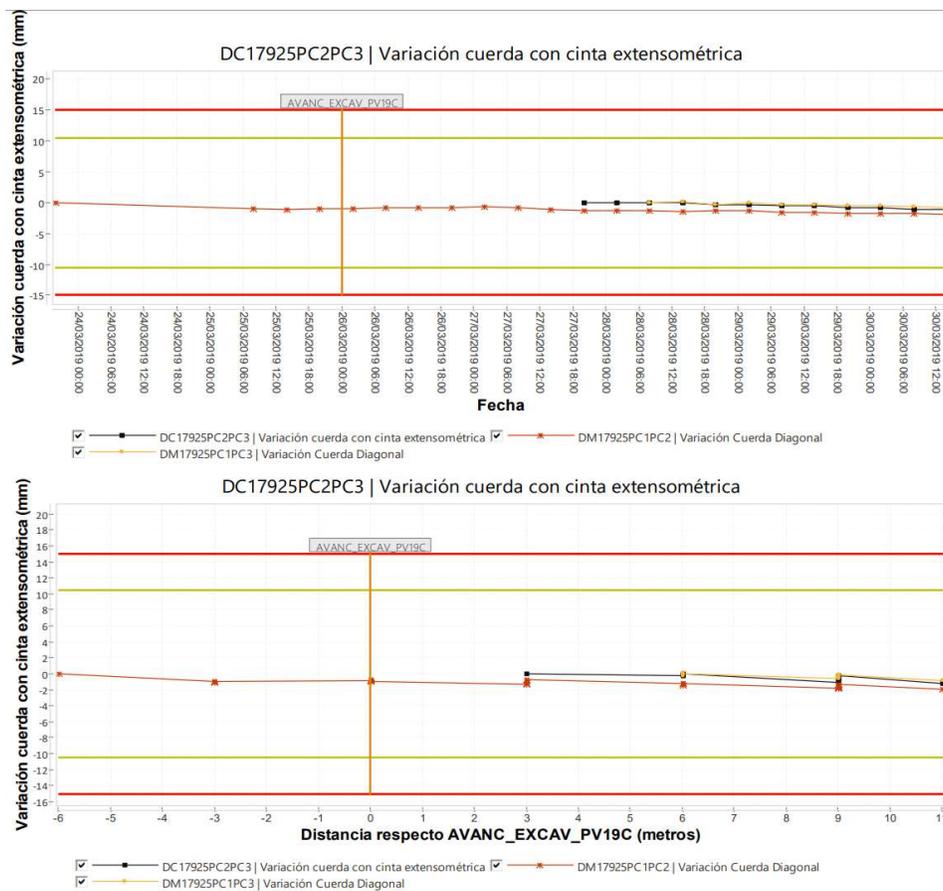
Fuente: APPlus

Figura 27. PK 17 925



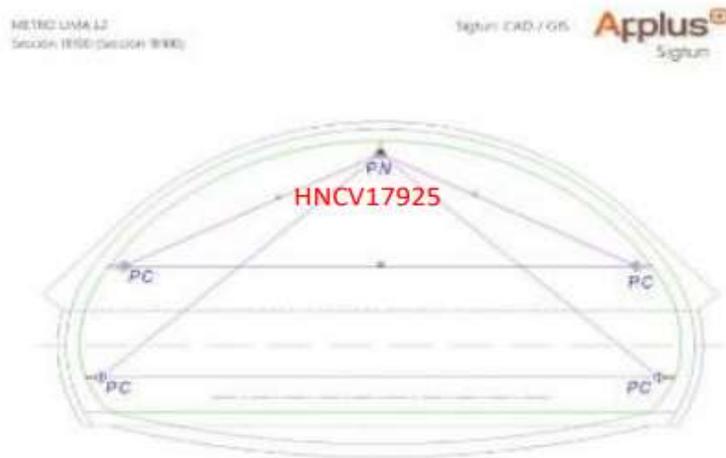
Fuente: APPlus

Figura 28. PK 17 925



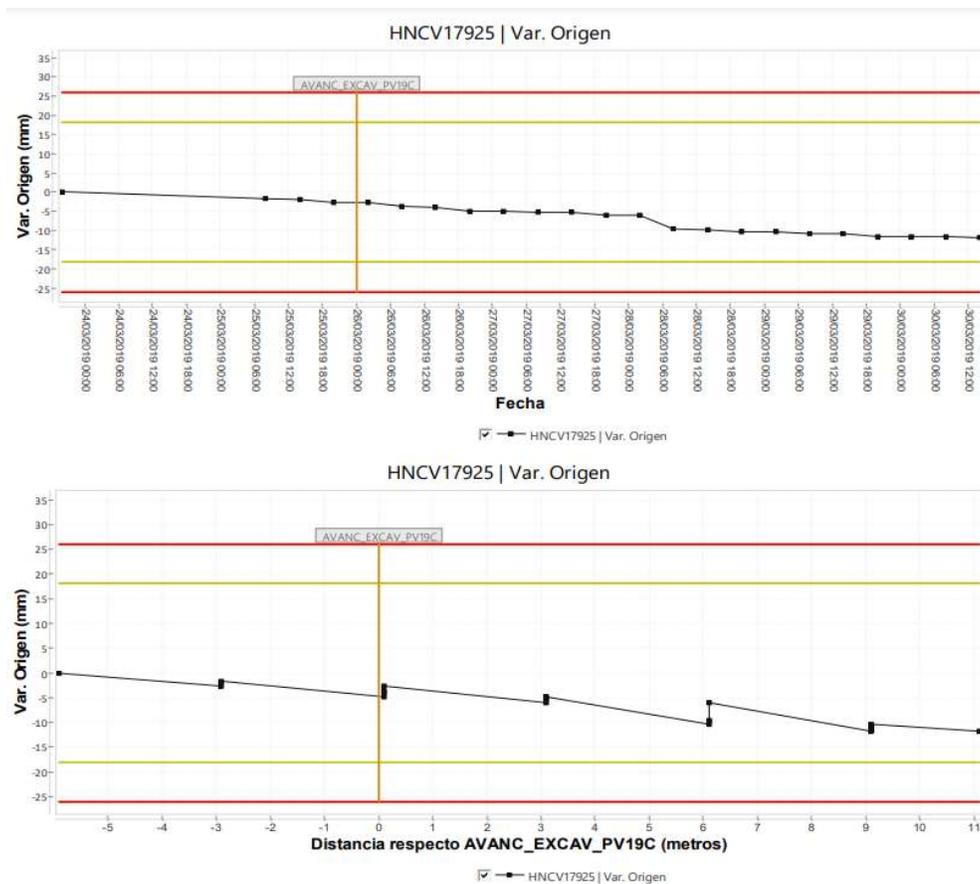
Fuente: APPlus

Figura 29. PK 17 925



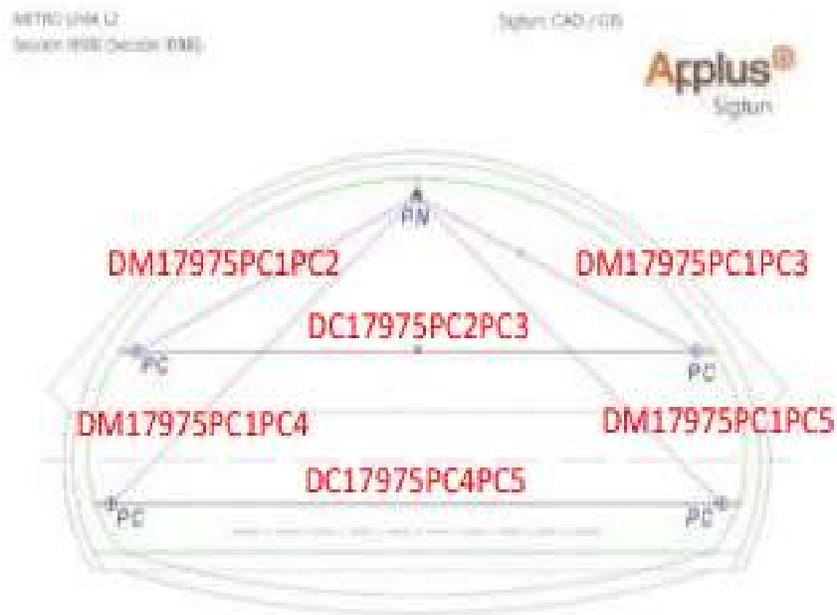
Fuente: APPlus

Figura 30. PK 17 925 Variación de origen



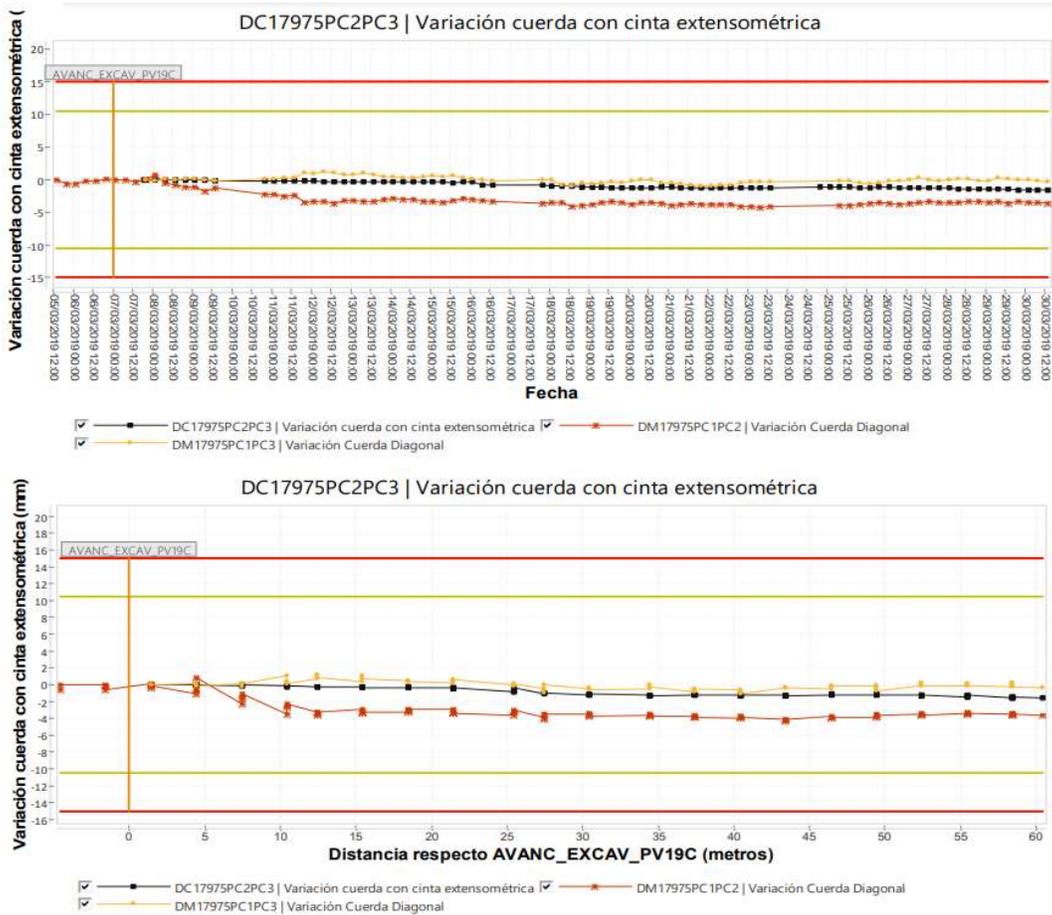
Fuente. APPlus

Figura 31. PK 17 975



Fuente: APPlus

Figura 32. PK 17 975 variación de cinta extensométrica



Fuente: APPlus

La construcción del túnel continúa hasta el PK 19+916.77. Cruzando la sección simple PK 19+925, obteniendo el máximo valor de -7.5mm para el instrumento de medición HM180756, hasta 07 de abril del 2019 se han realizado el monitoreo en las secciones PK 17+975, PK 17+925, PK 17+825 y PK 17+875. En estas secciones no se observan tendencias hasta la fecha mencionada.

Tabla 5. Valores en superficie al 07.04.2019

INSTRUMENTO	POZO	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-7.0	-0.006	04/04/2019 02:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP180754	-7.5	-0.083	01/04/2019 02:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN179755	-2.1	0.112	01/04/2019 20:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM179753	-4.0		03/04/2019 20:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 6. Valores del túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	18+000	DM18000PC1PC2	-3.6	-0.2	04/04/2019 14:00:00
		DM18000PC1PC3	-0.7	0.074	02/04/2019 02:00:00
	17+975	DM17975PC1PC2	-4.3	-0.081	05/04/2019 20:00:00
		DM17975PC1PC3	-0.1	0.228	01/04/2019 08:00:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-3.5	-0.212	06/04/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC3	0.9	0.168	01/04/2019 14:00:00
	17+925	DM17925PC1PC2	-2.9	-0.118	05/04/2019 02:00:00
		DM17925PC1PC3	-1.4	-0.137	06/04/2019 14:00:00
	17+900	DM17900PC1PC2	-1.2	-0.468	06/04/2019 02:00:00
	MINIPRISMAS DE CONVERGENCIA	18+000	HNCV18000	-17	0.141
17+975		HNCV17975	-16.9	0.087	01/04/2019 14:00:00
17+950		HNCV17950	-13.7	-0.065	05/04/2019 02:00:00
17+925		HNCV17925	-13.3	-0.249	03/04/2019 20:00:00
17+900		HNCV17900	-2.9	-1.191	06/04/2019 14:00:00
INCLINOMETRO	17+875	IN178751	0		06/04/2019 14:00:00
		IN178752	0.1		02/04/2019 14:00:00
	18+075	IN180751	3		01/04/2019 02:00:00
		IN180752	1.7		01/04/2019 02:00:00
PERNOS DE CONVERGENCIA	18+000	DC18000PC2PC3	-3		01/04/2019 14:00:00
	17+975	DC17975PC2PC3	-1.7		07/04/2019 20:00:00
	17+950	DC17950PC2PC3	-2.1		05/04/2019 14:00:00
	17+925	DC17925PC2PC3	-1.6		07/04/2019 20:00:00
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	18+075	ECV180752LT	-116.9		01/04/2019 08:00:00
		ECV180752LI	-77.2		01/04/2019 08:00:00
		ECV180753LT	-62.1		01/04/2019 08:00:00
		ECV180753LI	-46.2		01/04/2019 08:00:00
		ECV180754LT	-83.5		01/04/2019 08:00:00
		ECV180754LI	-36.3		01/04/2019 08:00:00
CÉLULAS DE PRESIÓN	18+075	CP180752R	-19.8		01/04/2019 08:00:00
		CP180753R	-14.8		01/04/2019 08:00:00
		CP180754R	-34.1		01/04/2019 08:00:00

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+870.77 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -7.2 mm para el instrumento de medición HM180756. Hasta el 14 de abril del 2019 el monitoreo de las secciones PK 18+075, PK18+110, PK 18+118 y PK 18+113, no se observa tendencias.

Tabla 7. Valores en superficie al 14.04.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
<b>HITO DE NIVELACIÓN</b>	<b>19</b>	<b>HN179753</b>	<b>-7.2</b>	<b>-0.163</b>	<b>11/04/2019 02:00:00</b>
<b>HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA</b>	<b>19</b>	<b>HP180754</b>	<b>-7.2</b>	<b>0.031</b>	<b>08/04/2019 14:00:00</b>
<b>REGLETA DE NIVELACIÓN</b>	<b>19</b>	<b>RN179752</b>	<b>-1.8</b>	<b>-0.045</b>	<b>11/04/2019 14:00:00</b>
<b>DIANAS DE NIVELACIÓN</b>	<b>19</b>	<b>HM179753</b>	<b>-3.8</b>		<b>09/04/2019 08:00:00</b>

Fuente. APPlus

Tabla 8. Valores en túnel.

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	18+000	DM18000PC1PC2	-3.9	-0.091	8/04/2019 02:00
		DM18000PC1PC3	-0.6	-0.112	8/04/2019 02:00
	17+975	DM17975PC1PC2	-4.4	0.028	9/04/2019 02:00
		DM17975PC1PC3	-0.4	-0.25	13/04/2019 02:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-4.4	-0.077	9/04/2019 08:00
		DM17950PC1PC3	0.6	-0.217	11/04/2019 20:00
	17+925	DM17925PC1PC2	-3.7	-0.188	12/04/2019 08:00
		DM17925PC1PC3	-2.5	-0.056	10/04/2019 14:00
	17+900	DM17900PC1PC2	-4.1	-0.446	13/04/2019 14:00
		DM17900PC1PC3	-1.9	-0.125	11/04/2019 08:00
17+875	DM17875PC1PC2	0	-0.057	13/04/2019 14:00	
MINIPRISMAS DE CONVERGENCIA	18+000	HNCV18000	-16.8	-0.094	08/04/2019 02:00:00
	17+975	HNCV17975	-17.2	-0.179	13/04/2019 14:00:00
	17+950	HNCV17950	-15	-0.226	13/04/2019 08:00:00
	17+925	HNCV17925	-14.4	-0.207	13/04/2019 14:00:00
	17+900	HNCV17900	-11.8	-1.161	13/04/2019 08:00:00
	17+875	HNCV17875	-0.2	-0.879	13/04/2019 14:00:00
INCLINOMETRO	18+075	IN180751	3		08/04/2019 02:00:00
		IN180752	1.5		08/04/2019 02:00:00
	17+875	IN178751	0.2		13/04/2019 08:00:00
		IN178752	0.1		13/04/2019 08:00:00
	18+075	DC18075PC2PC3	-3.1		08/04/2019 08:00:00
	18+050	DC18050PC2PC3	-3.1		08/04/2019 08:00:00
	18+025	DC18025PC2PC3	-2.1		08/04/2019 14:00:00
	18+000	DC18000PC2PC3	-3		08/04/2019 14:00:00
	17+975	DC17975PC2PC3	-1.7		08/04/2019 02:00:00
	17+950	DC17950PC2PC3	-2.4		13/04/2019 14:00:00
	17+925	DC17925PC2PC3	-2.3		13/04/2019 08:00:00
	17+900	DC17900PC2PC3	-0.8		13/04/2019 08:00:00
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	18+075	ECV180752LT	-118		08/04/2019 08:00:00
		ECV180752LI	-78.4		08/04/2019 08:00:00
		ECV180753LT	-64.6		08/04/2019 08:00:00
		ECV180753LI	-46.6		08/04/2019 08:00:00
		ECV180754LT	-83.8		08/04/2019 08:00:00
		ECV180754LI	-37.4		08/04/2019 08:00:00
CÉLULAS DE PRESIÓN	18+075	CP180752R	-20.3		08/04/2019 08:00:00
		CP180753R	-14.8		08/04/2019 08:00:00
		CP180754R	-34.4		08/04/2019 08:00:00

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+870.77 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -7.0 mm para el instrumento de medición HM180756. Hasta el 21 de abril del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, no se observa tendencias.

Tabla 9. Valores en superficie al 17.04.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-6.8	0.055	16/04/2019 14:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP180754	-7.0	0.026	16/04/2019 14:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN179752	-1.8	0.013	16/04/2019 14:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM179753	-2.7		16/04/2019 14:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 10. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA	
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-3.8	-0.056	16/04/2019 02:00:00	
		DM17975PC1PC3	-0.5	-0.097	16/04/2019 02:00:00	
	17+950	DM17950PC1PC2	-5.0	-0.031	16/04/2019 20:00:00	
		DM17950PC1PC3	0.6	0.093	15/04/2019 08:00:00	
	17+925	DM17925PC1PC2	-4.0	-0.169	19/04/2019 02:00:00	
		DM17925PC1PC3	-2.3	0.068	15/04/2019 20:00:00	
	17+900	DM17900PC1PC2	-5.1	-0.203	19/04/2019 02:00:00	
		DM17900PC1PC3	-2.4	-0.384	18/04/2019 20:00:00	
	17+875	DM17875PC1PC2	-2.9	-0.685	18/04/2019 20:00:00	
		DM17875PC1PC3	-0.3	-0.242	18/04/2019 20:00:00	
	MINIPRISMAS DE CONVERGENCIA	18+000	HNCV18000	-17.0	-0.025	16/04/2019 02:00:00
		17+975	HNCV17975	-17.4	-0.119	16/04/2019 02:00:00
17+950		HNCV17950	-15.1	0.171	15/04/2019 08:00:00	
17+925		HNCV17925	-14.7	0.093	15/04/2019 08:00:00	
17+900		HNCV17900	-12.2	-0.069	18/04/2019 20:00:00	
17+875		HNCV17875	-4.1	-1.006	19/04/2019 02:00:00	
PERNOS DE CONVERGENCIA	18+000	DC18000PC2PC3	-3.0		16/04/2019 14:00:00	
	17+975	DC17975PC2PC3	-1.8		16/04/2019 14:00:00	
	17+950	DC17950PC2PC3	-2.5		16/04/2019 14:00:00	
	17+925	DC17925PC2PC3	-2.4		17/04/2019 20:00:00	
	17+900	DC17900PC2PC3	-1.2		18/04/2019 20:00:00	
	17+875	DC17875PC2PC3	-0.4		18/04/2019 20:00:00	
INCLINOMETRO	18+075	IN180751	3.1		15/04/2019 02:00:00	
		IN180752	1.5		15/04/2019 02:00:00	
	17+875	IN178751	0.5		19/04/2019 02:00:00	
		IN178752	0.5		19/04/2019 02:00:00	
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178752LT	-70.0		19/04/2019 02:00:00	
		ECV178752LI	-22.9		18/04/2019 20:00:00	
		ECV178753LT	-59.8		18/04/2019 20:00:00	
		ECV178753LI	-15.6		19/04/2019 02:00:00	
		ECV178754LT	-22.3		19/04/2019 02:00:00	
		ECV178754LI	13.0		18/04/2019 08:00:00	
CÉLULAS DE PRESIÓN	18+075	CP180752R	-20.1		15/04/2019 08:00:00	
		CP180753R	-15.3		15/04/2019 08:00:00	
		CP180754R	-34.5		15/04/2019 08:00:00	
	17+875	CP178752R	1.5		16/04/2019 20:00:00	
		CP178753R	-4.0		18/04/2019 20:00:00	
		CP178754R	0.2		19/04/2019 02:00:00	

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+870.77 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -7.0 mm para el instrumento de medición HM180756. Hasta el 28 de abril del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT ha cruzado el umbral, con un valor máximo de 201.6 KN.

Tabla 11. Valores en superficie al 28.04.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-7.0	-0.024	24/04/2019 14:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP180754	-7.0	-0.001	24/04/2019 14:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN179752	-1.9	0.027	23/04/2019 14:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM179753	-2.4		24/04/2019 14:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 12. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-3.6	0.042	22/04/2019 02:00:00
		DM17975PC1PC3	-0.7	-0.036	22/04/2019 02:00:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-4.2	0.147	22/04/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC3	0.4	0.055	24/04/2019 20:00:00
	17+925	DM17925PC1PC2	-3.9	0.017	22/04/2019 08:00:00
		DM17925PC1PC3	-2.2	0.024	26/04/2019 02:00:00
	17+900	DM17900PC1PC2	-5	0.135	22/04/2019 08:00:00
		DM17900PC1PC3	-2.1	0.216	22/04/2019 08:00:00
	17+875	DM17875PC1PC2	-4.4	-0.246	27/04/2019 14:00:00
		DM17875PC1PC3	-1.4	-0.064	26/04/2019 02:00:00
17+850	DM17850PC1PC2	-0.5	-0.338	27/04/2019 14:00:00	
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	17+975	HNCV17975	-17.5	-0.005	22/04/2019 02:00:00
	17+950	HNCV17950	-14.3	0.025	23/04/2019 02:00:00
	17+925	HNCV17925	-15.5	-0.185	25/04/2019 20:00:00
	17+900	HNCV17900	-12.4	-0.054	27/04/2019 08:00:00
	17+875	HNCV17875	-7.3	-0.455	25/04/2019 20:00:00
	17+850	HNCV17850	-0.7	-0.404	27/04/2019 14:00:00
PERNOS DE CONVERGENCIA	17+975	DC17975PC2PC3	-1.5		22/04/2019 14:00:00
	17+950	DC17950PC2PC3	-2.4		22/04/2019 08:00:00
	17+925	DC17925PC2PC3	-2.6		24/04/2019 14:00:00
	17+900	DC17900PC2PC3	-1.5		27/04/2019 14:00:00
	17+875	DC17875PC2PC3	-1.3		27/04/2019 14:00:00
INCLINOMETRO	18+075	IN180751	3.2		22/04/2019 02:00:00
		IN180752	1.8		22/04/2019 02:00:00
	17+875	IN178751	1.3		26/04/2019 20:00:00
		IN178752	1.2		27/04/2019 14:00:00
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178752LT	-61.4		26/04/2019 08:00:00
		ECV178752LI	-27.0		27/04/2019 02:00:00
		ECV178753LT	-201.6		27/04/2019 08:00:00
		ECV178753LI	-53.5		26/04/2019 20:00:00
		ECV178754LT	-60.1		26/04/2019 20:00:00
		ECV178754LI	13.9		22/04/2019 14:00:00
CÉLULAS DE PRESIÓN	18+075	CP180752R	-20.8		22/04/2019 08:00:00
		CP180753R	-15		22/04/2019 08:00:00
		CP180754R	-34.5		22/04/2019 08:00:00
	17+875	CP178752R	-3.6		25/04/2019 20:00:00
		CP178753R	-14.6		26/04/2019 20:00:00
		CP178754R	-7.7		26/04/2019 08:00:00

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+870.77 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -7.4 mm para el instrumento de medición HM180756. Hasta el 05 de mayo del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT ha cruzado el umbral, con un valor máximo de 231.9 KN.

Tabla 13. Valores en superficie al 05.05.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-6.8	0.042	29/04/2019 14:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP180754	-7.4	-0.068	29/04/2019 14:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN178754	-2.2	-0.097	04/05/2019 14:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM179753	-2.4		29/04/2019 14:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 14. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA	
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-3.7	-0.025	29/04/2019 02:00:00	
		DM17975PC1PC3	-0.4	0.04	29/04/2019 02:00:00	
	17+950	DM17950PC1PC2	-3.0	0.114	29/04/2019 02:00:00	
		DM17950PC1PC3	1.0	0.025	29/04/2019 02:00:00	
	17+925	DM17925PC1PC2	-3.8	-0.023	04/05/2019 14:00:00	
		DM17925PC1PC3	-1.8	-0.073	30/04/2019 20:00:00	
	17+900	DM17900PC1PC2	-5.1	0.002	04/05/2019 08:00:00	
		DM17900PC1PC3	-1.5	0.011	02/05/2019 20:00:00	
	17+875	DM17875PC1PC2	-5.1	-0.082	02/05/2019 20:00:00	
		DM17875PC1PC3	-1.5	-0.009	03/05/2019 02:00:00	
	17+850	DM17850PC1PC2	-1.3	-0.119	30/04/2019 08:00:00	
		DM17850PC1PC3	0.0	0.113	30/04/2019 20:00:00	
	MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	17+975	HNCV17975	-17.6	-0.017	29/04/2019 02:00:00
		17+950	HNCV17950	-13.9	0.044	29/04/2019 02:00:00
17+925		HNCV17925	-14.9	0.056	29/04/2019 20:00:00	
17+900		HNCV17900	-12.9	-0.13	30/04/2019 20:00:00	
17+875		HNCV17875	-7.9	-0.043	02/05/2019 20:00:00	
17+850		HNCV17850	-6.3	-0.719	04/05/2019 14:00:00	
PERNOS DE CONVERGENCIA	17+975	DC17975PC2PC3	-1.5		29/04/2019 14:00:00	
	17+950	DC17950PC2PC3	-2.4		29/04/2019 08:00:00	
	17+925	DC17925PC2PC3	-2.5		29/04/2019 14:00:00	
	17+900	DC17900PC2PC3	-1.6		03/05/2019 14:00:00	
	17+875	DC17875PC2PC3	-1.5		04/05/2019 02:00:00	
	17+850	DC17850PC2PC3	-0.6		04/05/2019 02:00:00	
INCLINOMETRO	17+875	IN178751	2.2		03/05/2019 20:00:00	
		IN178752	1.6		04/05/2019 14:00:00	
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178752LT	-47.4		29/04/2019 08:00:00	
		ECV178752LI	-26.1		02/05/2019 02:00:00	
		ECV178753LT	-231.9		04/05/2019 14:00:00	
		ECV178753LI	-56.2		04/05/2019 02:00:00	
		ECV178754LT	-71.7		04/05/2019 14:00:00	
		ECV178754LI	13.8		04/05/2019 14:00:00	
CÉLULAS DE PRESIÓN	17+875	CP178752R	-4.5		03/05/2019 08:00:00	
		CP178753R	-15.6		04/05/2019 14:00:00	
		CP178754R	-8.9		04/05/2019 02:00:00	

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+870.77 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -8.0 mm para el instrumento de medición HM180756. Hasta el 12 de mayo del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT ha cruzado el umbral, con un valor máximo de 240.9 KN.

Tabla 15. Valores en superficie al 12.05.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-7.1	-0.049	06/05/2019 02:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP178755	-8.0	-0.089	09/05/2019 08:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN178754	-2.3	0.011	06/05/2019 02:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM179753	-2.6		06/05/2019 02:00:00

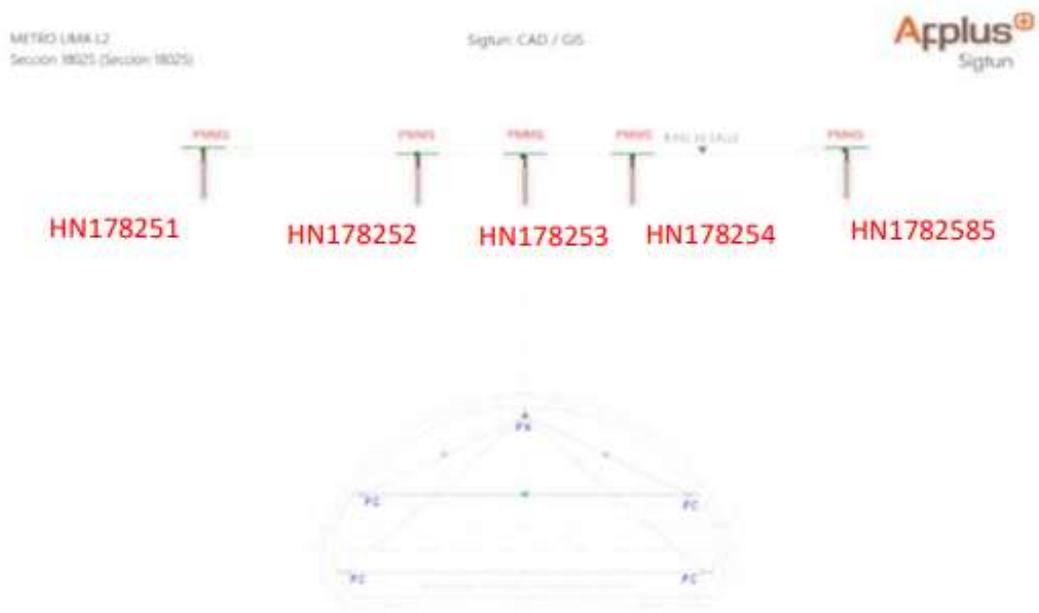
Fuente. APPlus

Tabla 16. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	18+000	DM18000PC1PC2	-3.1	0.016	06/05/2019 02:00:00
		DM18000PC1PC3	-1	0.027	06/05/2019 02:00:00
	17+975	DM17975PC1PC2	-3.8	-0.009	06/05/2019 02:00:00
		DM17975PC1PC3	-0.4	0.006	06/05/2019 02:00:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-3.2	-0.03	06/05/2019 02:00:00
		DM17950PC1PC3	1.2	0.022	06/05/2019 02:00:00
	17+925	DM17925PC1PC2	-4.8	-0.484	08/05/2019 14:00:00
		DM17925PC1PC3	-2.4	-0.352	08/05/2019 02:00:00
	17+900	DM17900PC1PC2	-5.5	-0.033	09/05/2019 14:00:00
		DM17900PC1PC3	-1.5	-0.142	11/05/2019 14:00:00
	17+875	DM17875PC1PC2	-4.9	0.097	06/05/2019 14:00:00
		DM17875PC1PC3	-1.1	0.008	10/05/2019 20:00:00
	17+850	DM17850PC1PC2	-2.6	-0.267	08/05/2019 20:00:00
		DM17850PC1PC3	0.2	-0.07	08/05/2019 08:00:00
	17+825	DM17825PC1PC2	-0.3	-0.043	10/05/2019 20:00:00
		DM17825PC1PC3	-0.3	-0.006	11/05/2019 02:00:00
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	18+000	HNCV18000	-16.9	0.009	06/05/2019 02:00:00
	17+975	HNCV17975	-17.5	0.012	06/05/2019 02:00:00
	17+950	HNCV17950	-14.2	-0.038	06/05/2019 02:00:00
	17+925	HNCV17925	-14.3	0.091	06/05/2019 08:00:00
	17+900	HNCV17900	-13.4	-0.222	11/05/2019 14:00:00
	17+875	HNCV17875	-8.7	-0.207	11/05/2019 14:00:00
	17+850	HNCV17850	-8.6	-0.325	07/05/2019 20:00:00
17+825	HNCV17825	-7.4	-1.874	11/05/2019 14:00:00	
PERNOS DE CONVERGENCIA	18+000	DC18000PC2PC3	-2.6		06/05/2019 08:00:00
	17+975	DC17975PC2PC3	-1.4		06/05/2019 08:00:00
	17+950	DC17950PC2PC3	-2.5		06/05/2019 08:00:00
	17+925	DC17925PC2PC3	-2.2		06/05/2019 08:00:00
	17+900	DC17900PC2PC3	-1.7		09/05/2019 14:00:00
	17+875	DC17875PC2PC3	-1.8		11/05/2019 14:00:00
	17+850	DC17850PC2PC3	-1.2		11/05/2019 02:00:00
	17+825	DC17825PC2PC3	-0.2		11/05/2019 14:00:00
INCLINOMETRO	18+075	IN180751	3.2		09/05/2019 02:00:00
		IN180752	1.8		06/05/2019 02:00:00
	17+875	IN178751	2.6		10/05/2019 02:00:00
		IN178752	1.7		09/05/2019 02:00:00
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	18+075	ECV180752LT	-118.8		06/05/2019 08:00:00
		ECV180752LI	-77		06/05/2019 08:00:00
		ECV180753LT	-63.3		06/05/2019 08:00:00
		ECV180753LI	-48.8		06/05/2019 08:00:00
		ECV180754LT	-86.4		06/05/2019 08:00:00
		ECV180754LI	-36.4		06/05/2019 08:00:00
		ECV178752LT	-44.8		06/05/2019 08:00:00

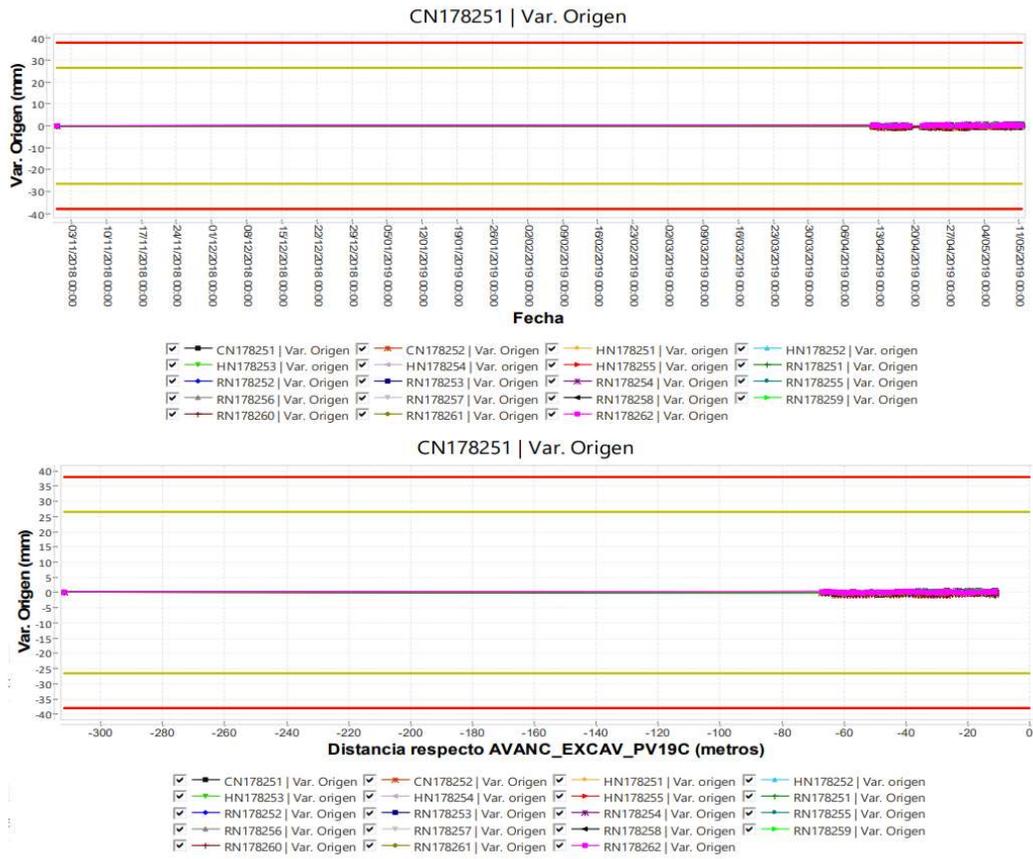
Fuente. APPlus

Figura 33. PK 17825



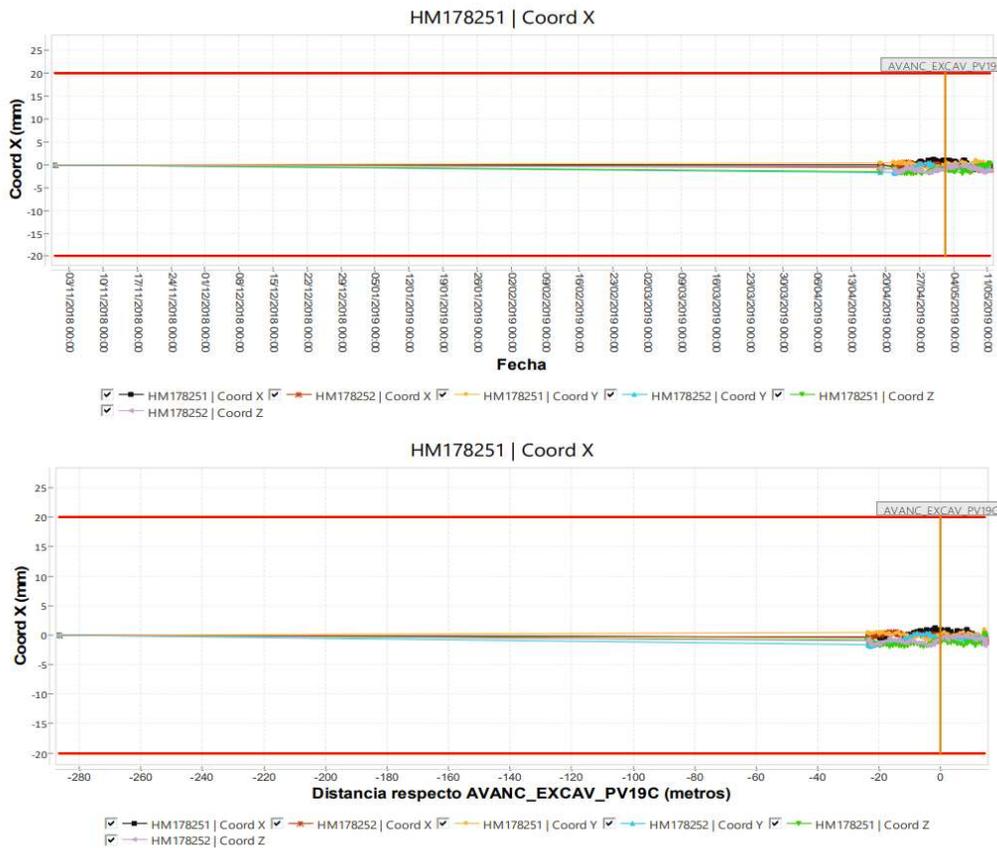
Fuente. APPlus

Figura 34. PK 17825 Var de origen



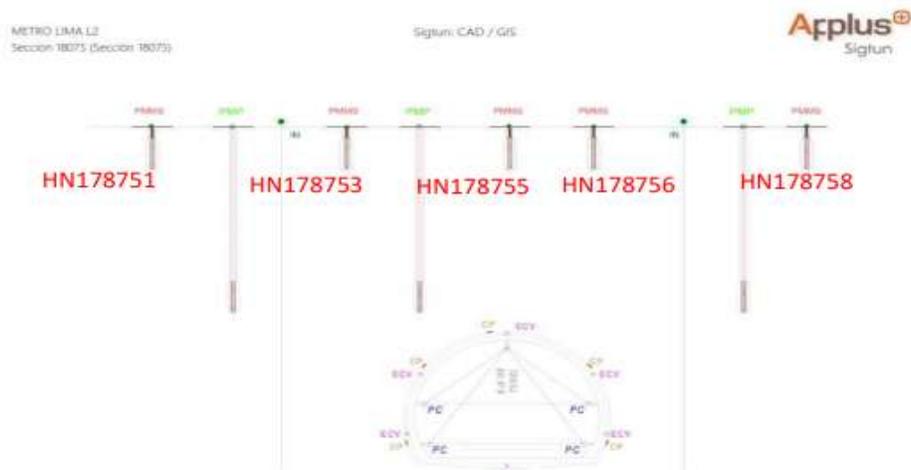
Fuente. APPlus

Figura 35. PK 17825 Coord. X



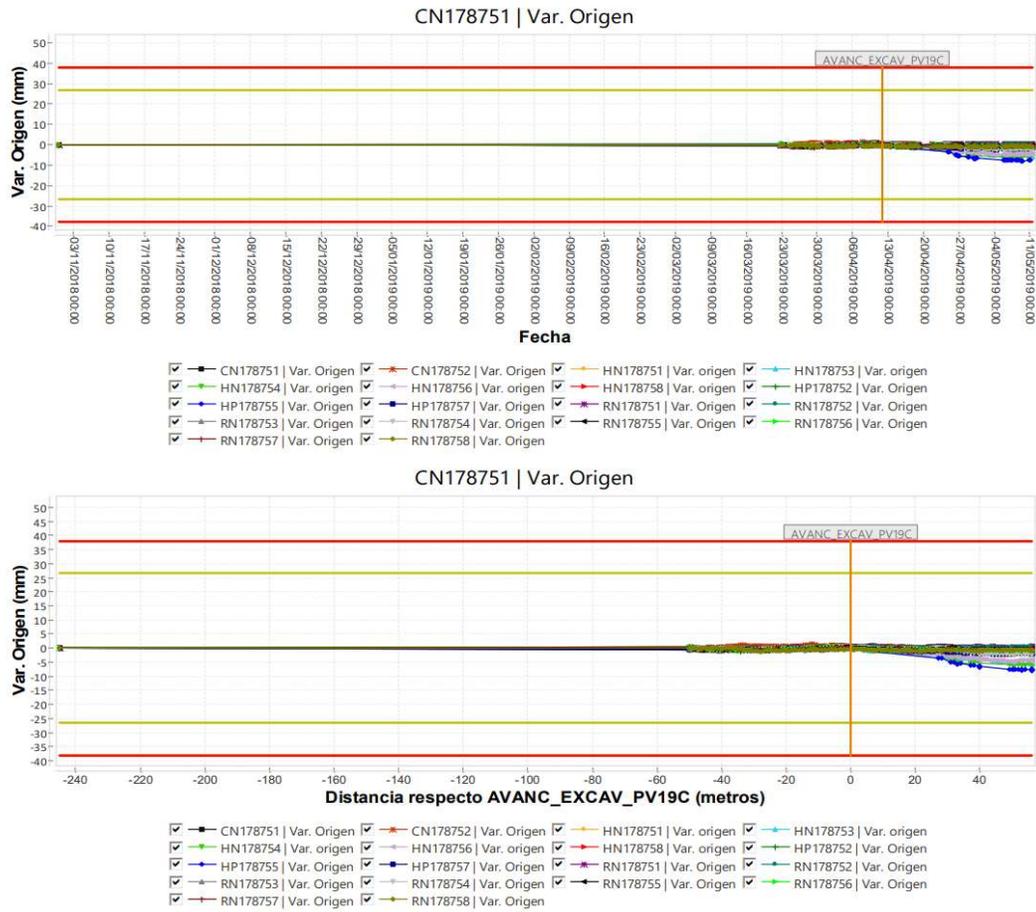
Fuente. APPlus

Figura 36. PK 17 875



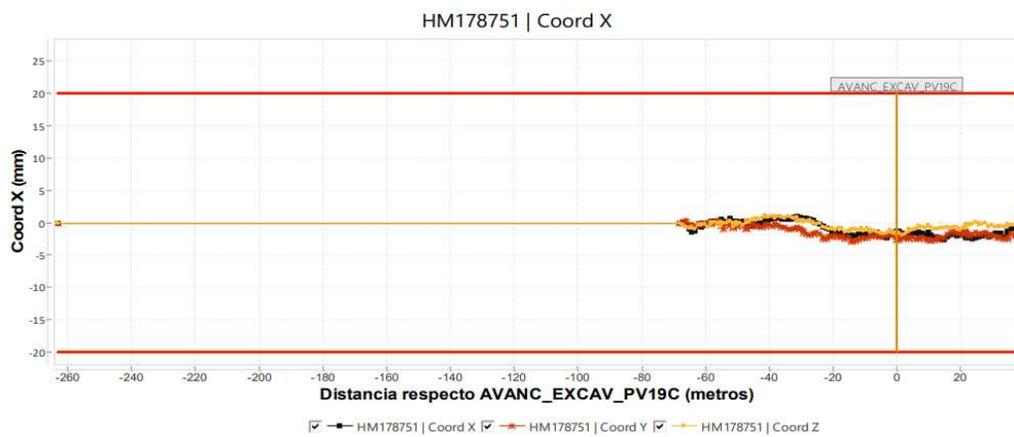
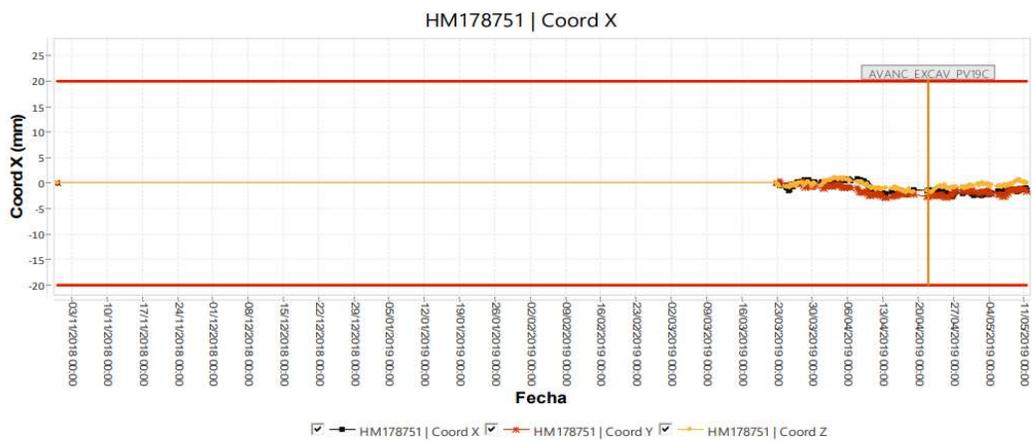
Fuente. APPlus

Figura 37. PK 17875



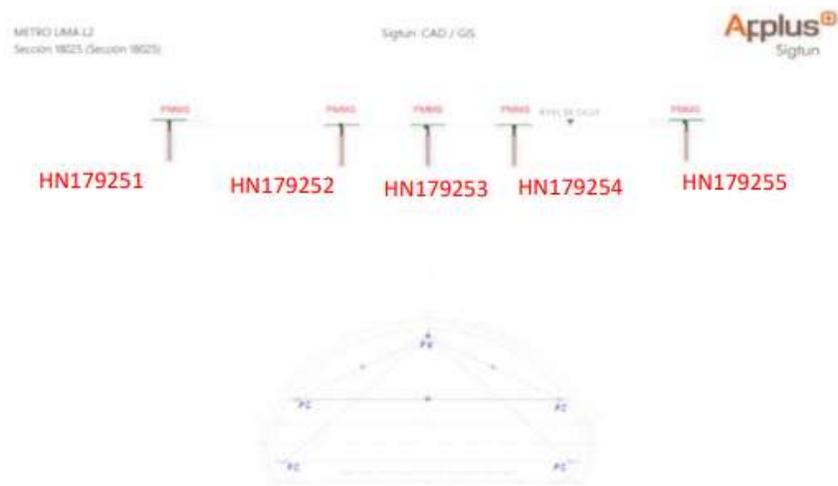
Fuente. APPlus

Figura 38. PK 17875 Coord. X



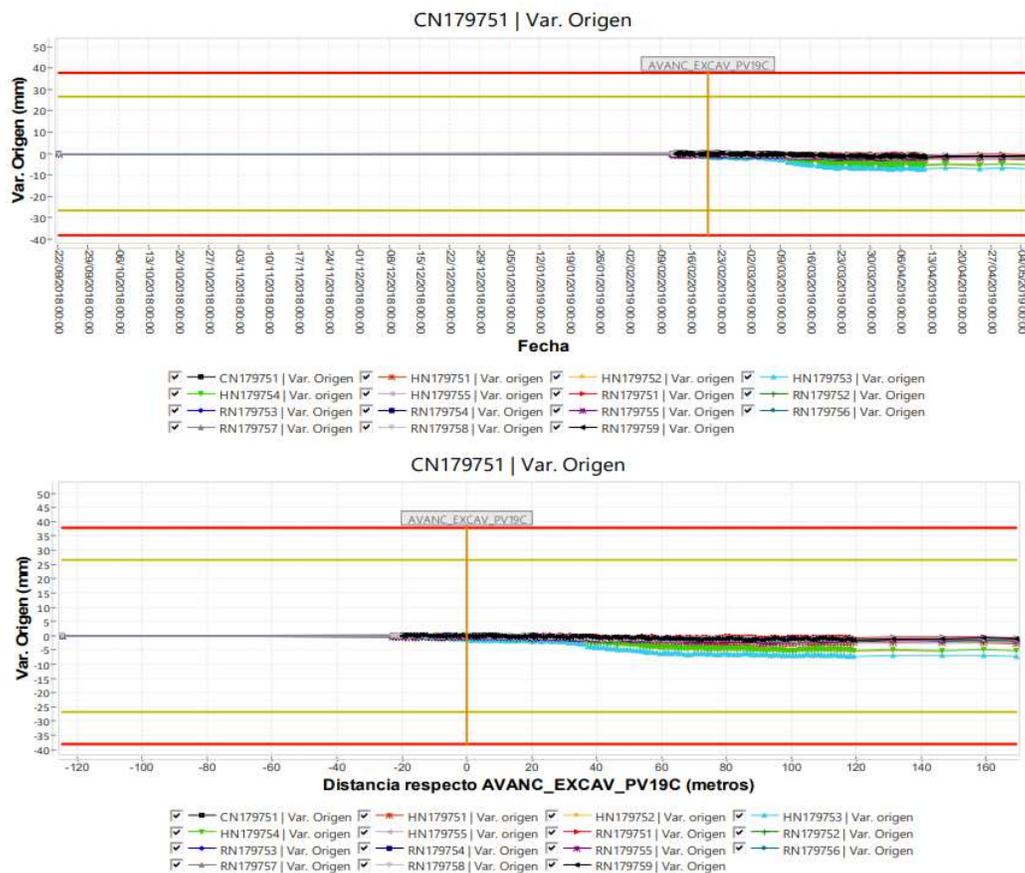
Fuente. APPlus

Figura 39. PK 17 925



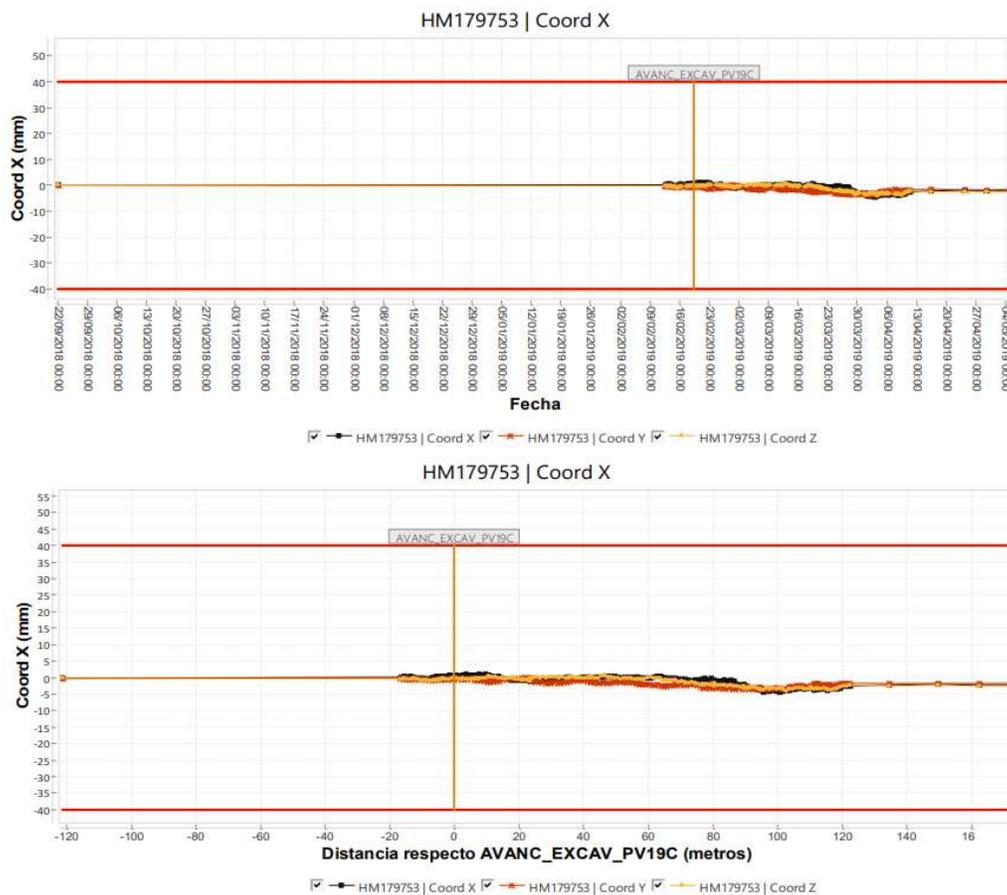
Fuente. APPlus

Figura 40. PK 17 975 Variación de origen



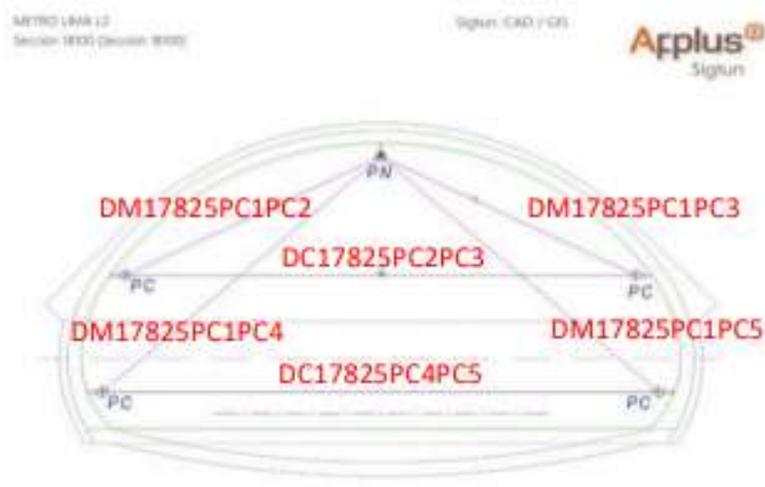
Fuente. APPlus

Figura 41. PK 17 975 Coord X



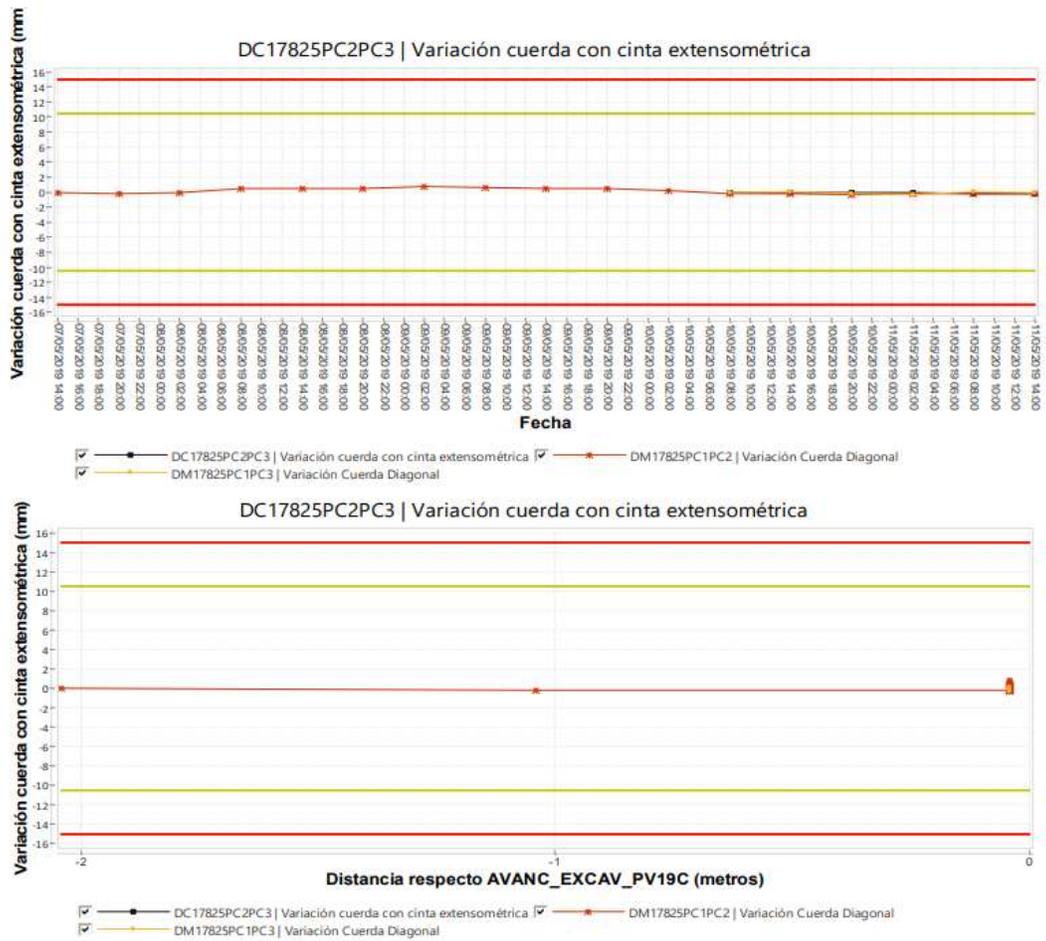
Fuente. APPlus

Figura 42. PK 17 825 túnel



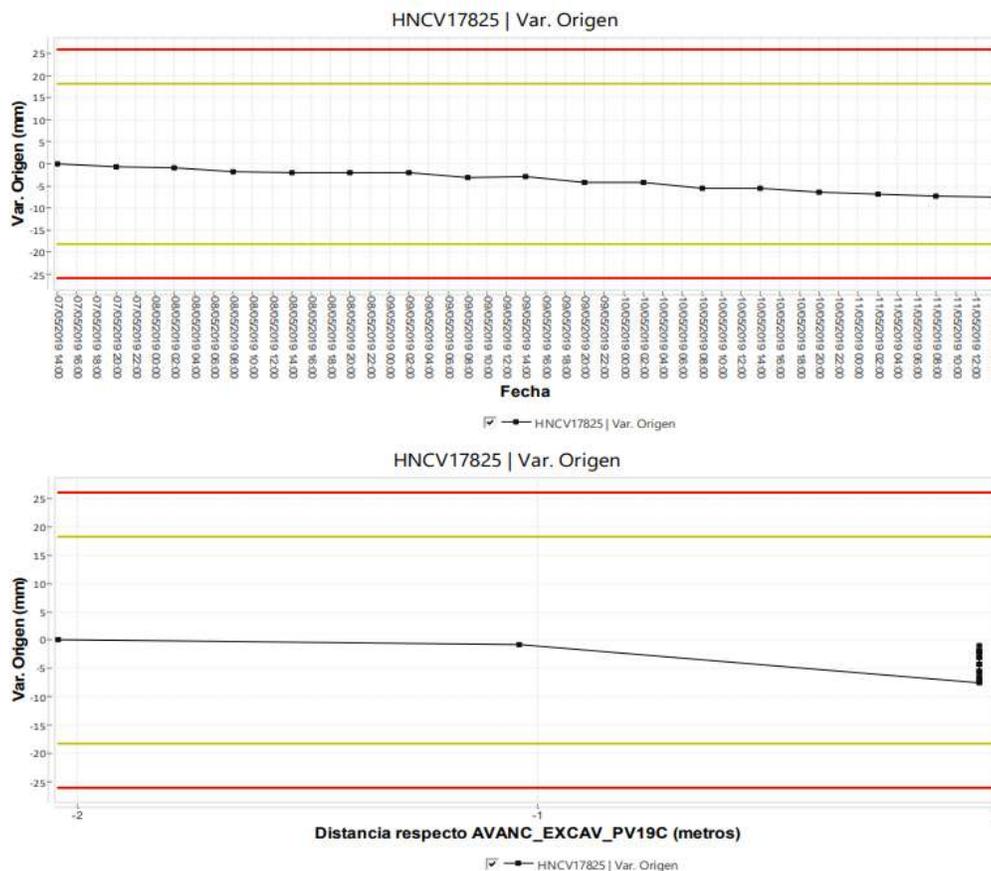
Fuente. APPlus

Figura 43. PK 17825 Variación de cuerda



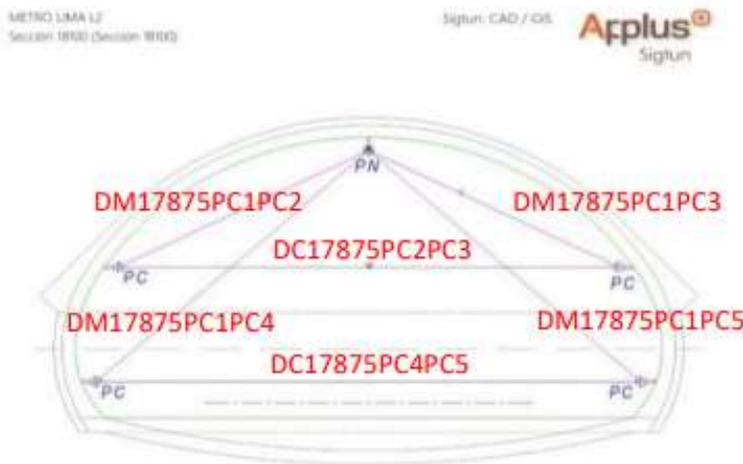
Fuente. APPlus

Figura 44. Variación de Origen



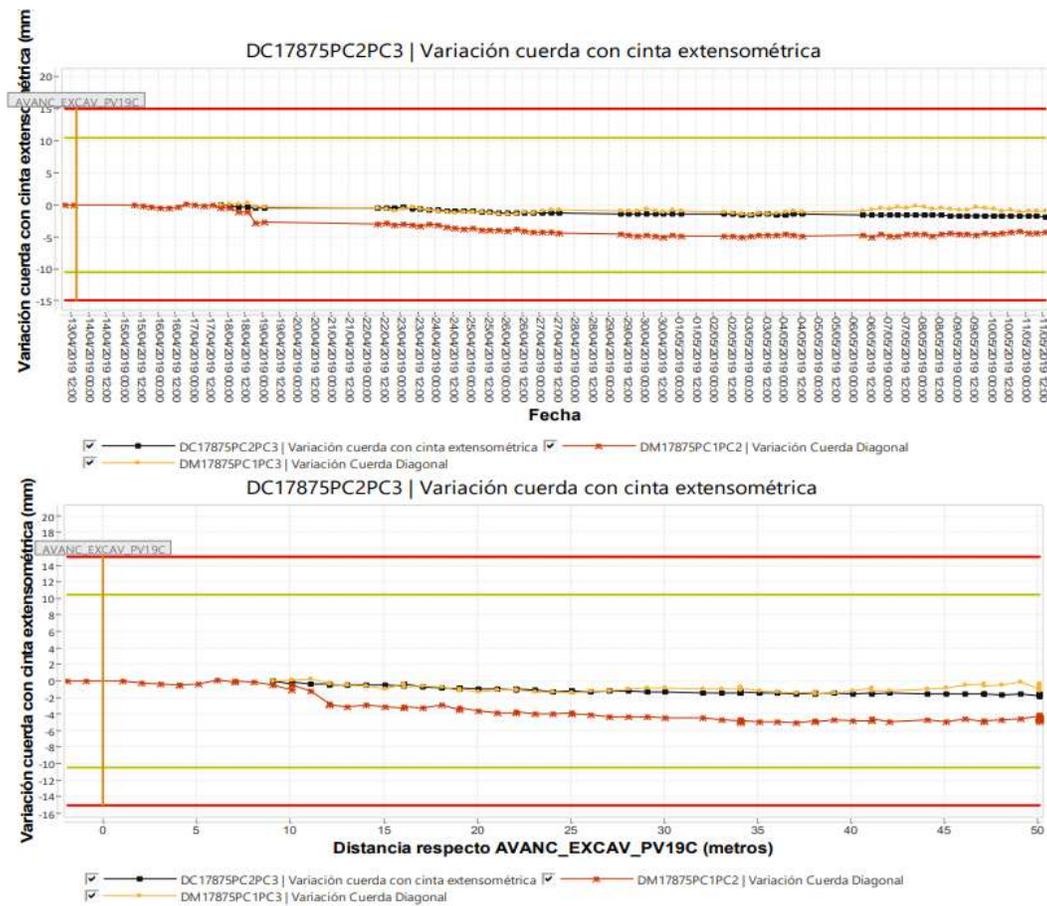
Fuente. APPlus

Figura 45. PK17 875



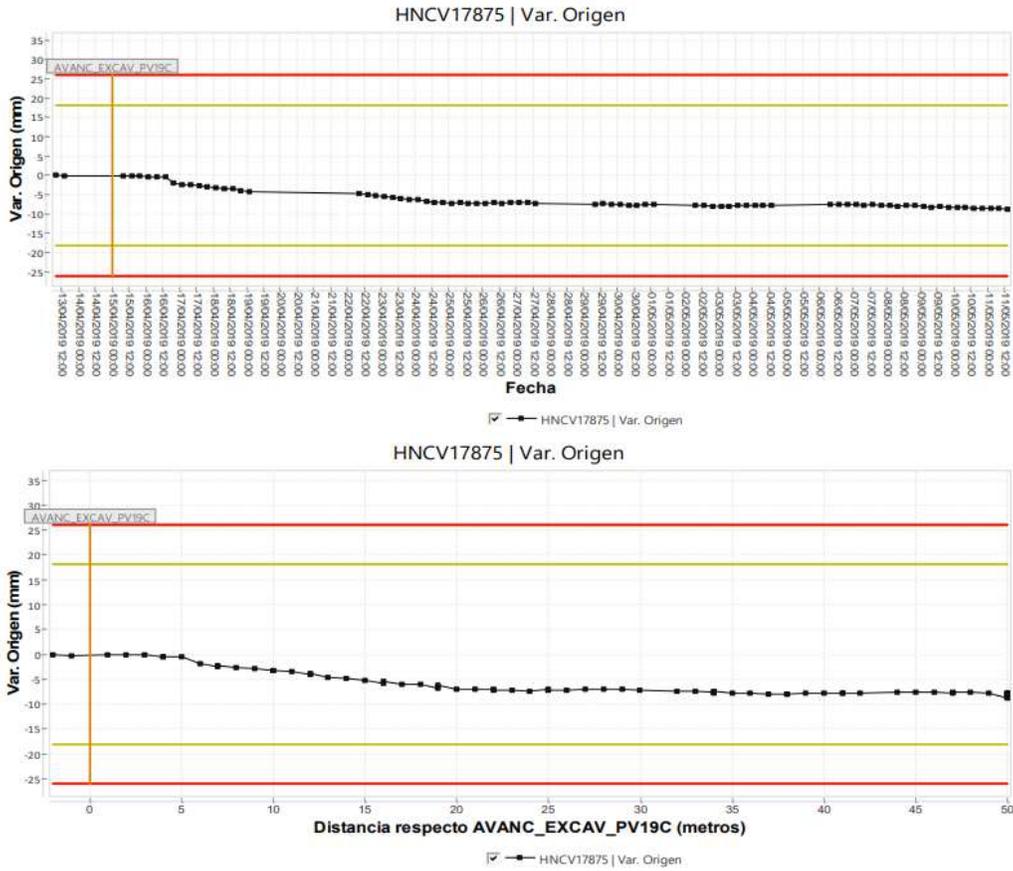
Fuente. APPlus

Figura 46. PK 17 875



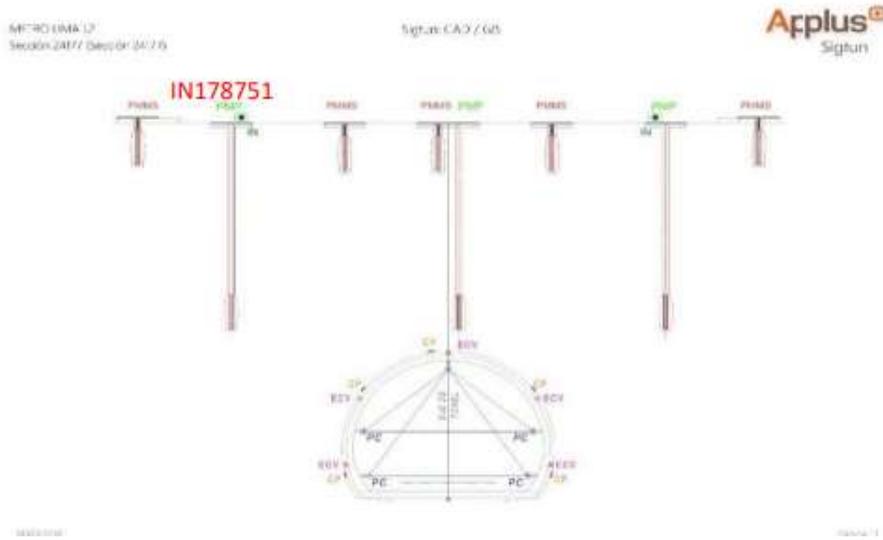
Fuente. APPlus

Figura 47. PK 17 875



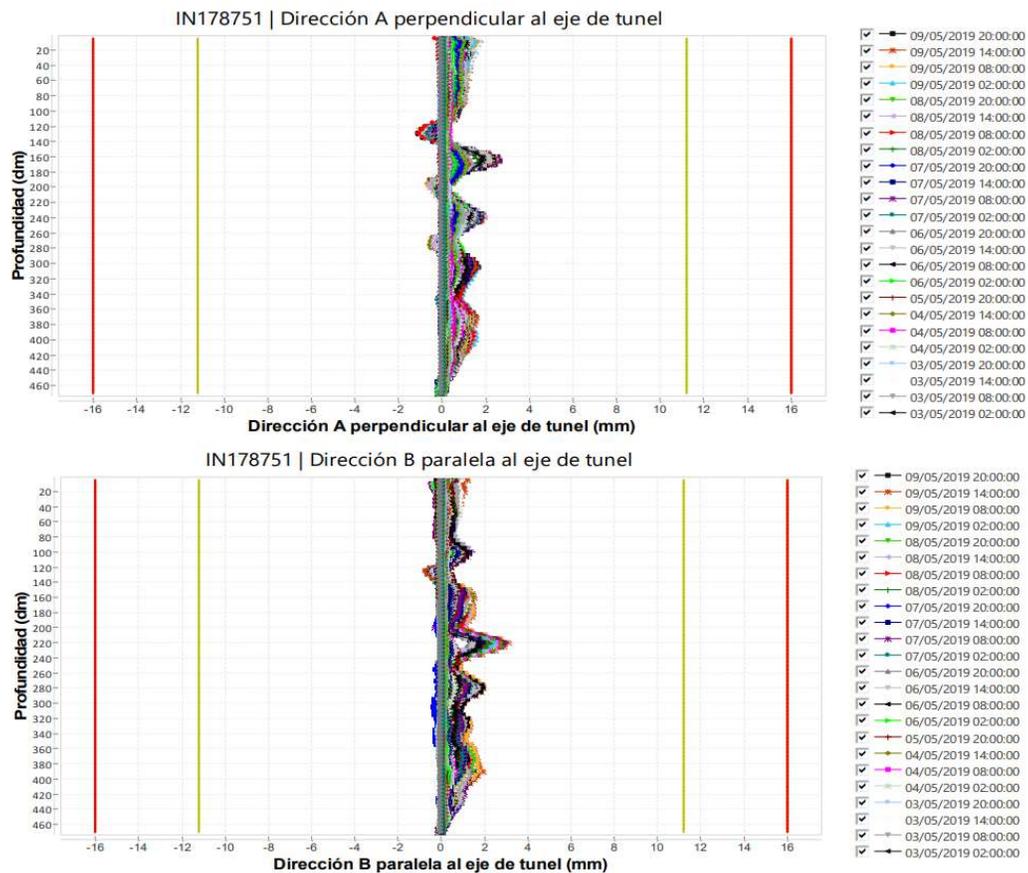
Fuente. APPlus

Figura 48. PK17 875 inclinómetro I



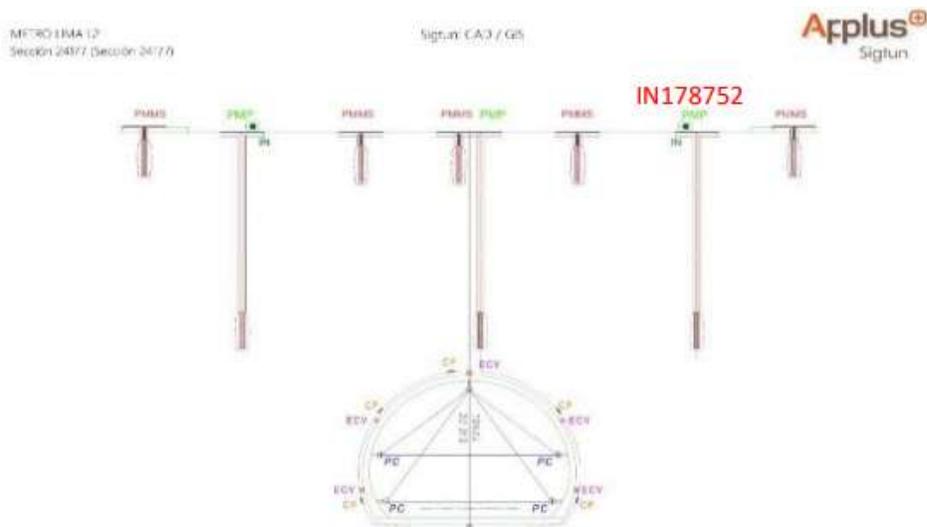
Fuente. APPlus

Figura 49. PK 17 875



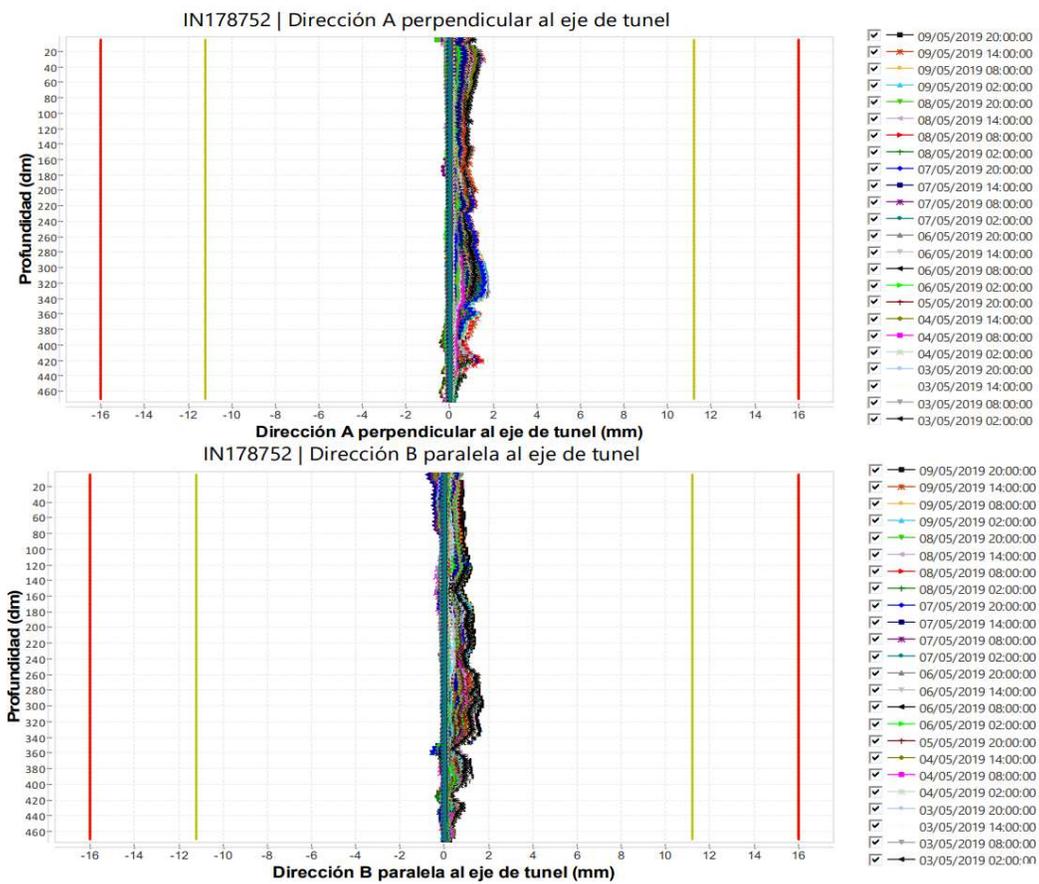
Fuente. APPlus

Figura 50. PK17 875 inclinómetro II



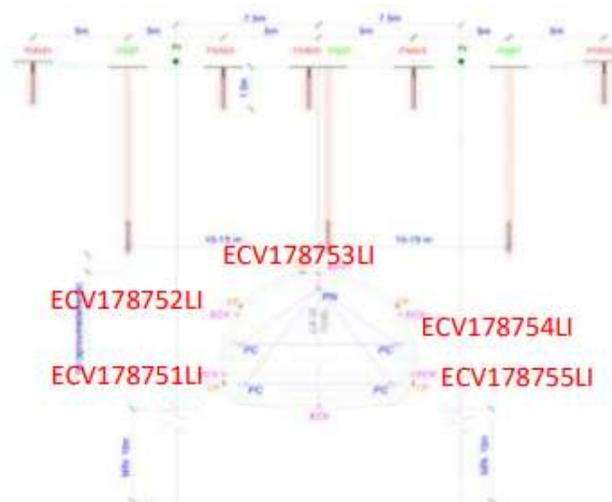
Fuente. APPlus

Figura 51. PK17 875



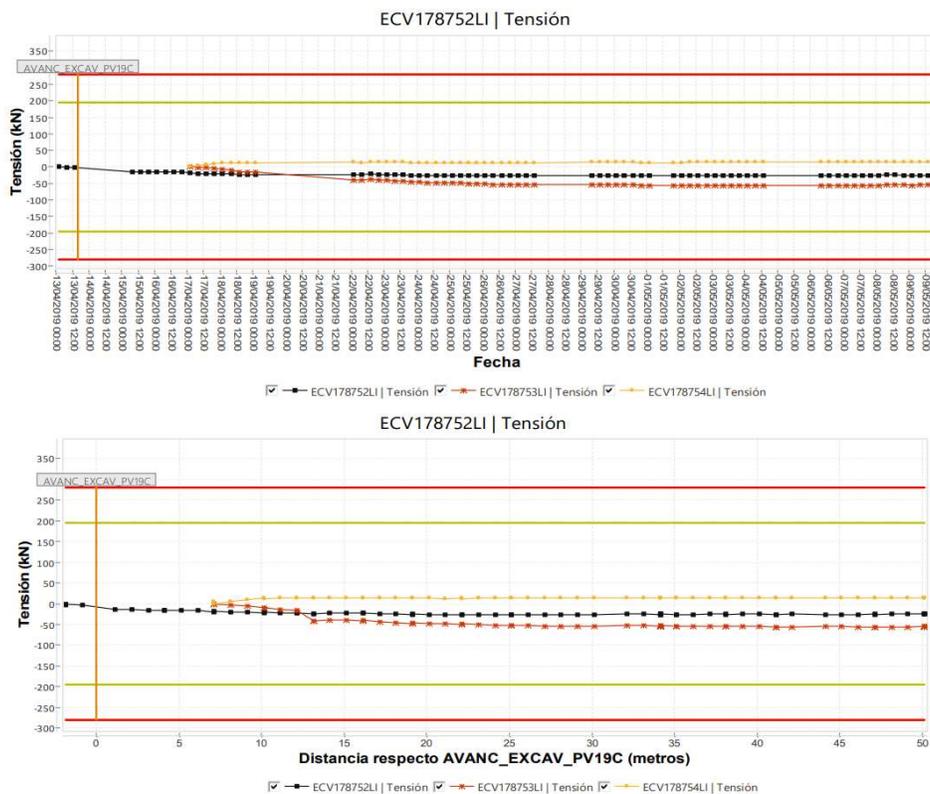
Fuente. APPlus

Figura 52. PK17 875 Intradós



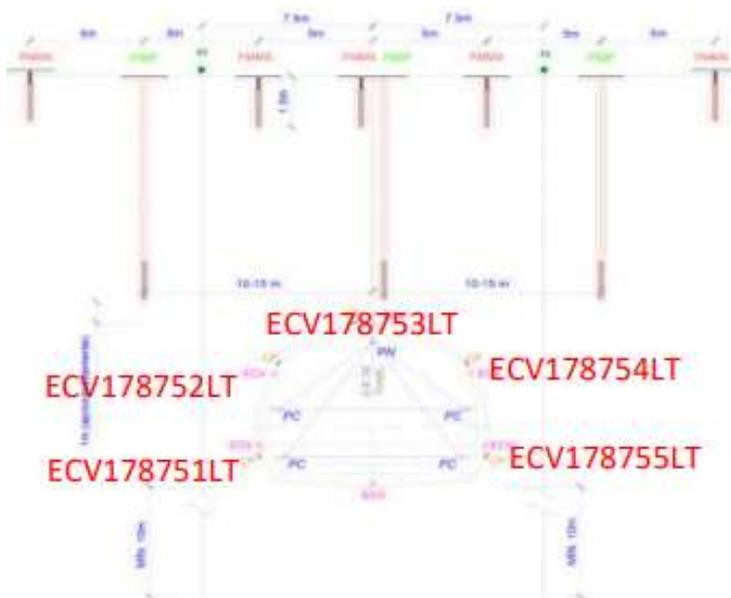
Fuente. APPlus

Figura 53. PK 17 875 Tensión



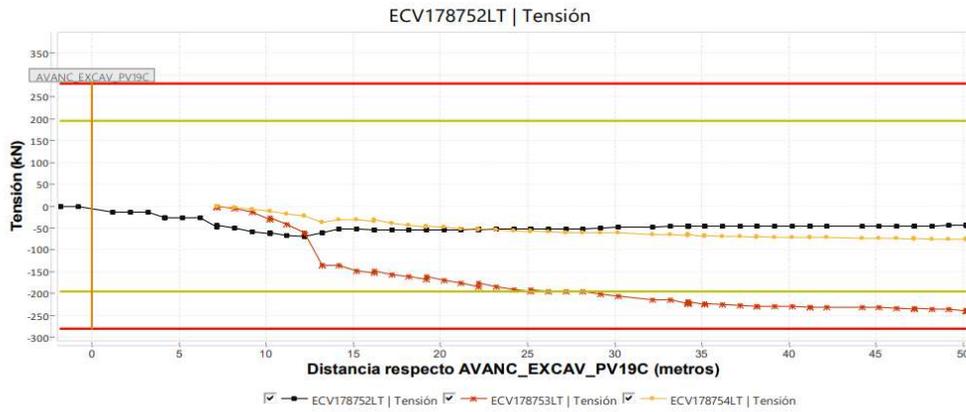
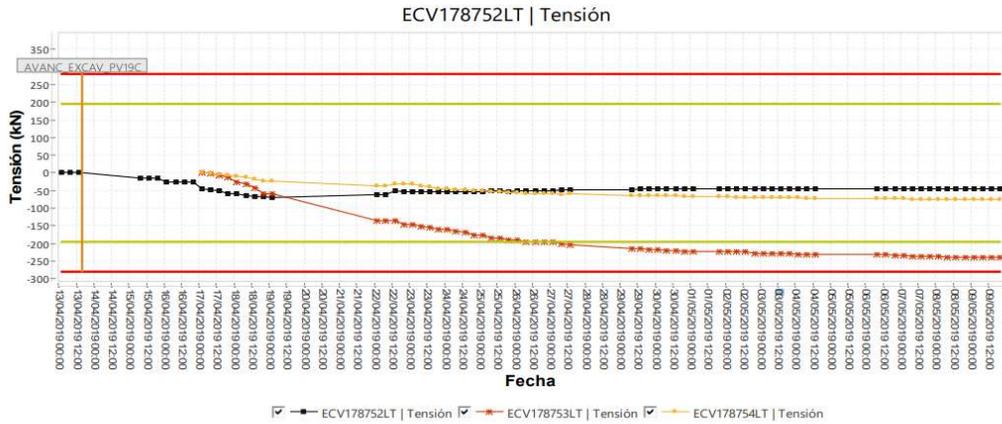
Fuente. APPlus

Figura 54. PK17 875 Trasdós



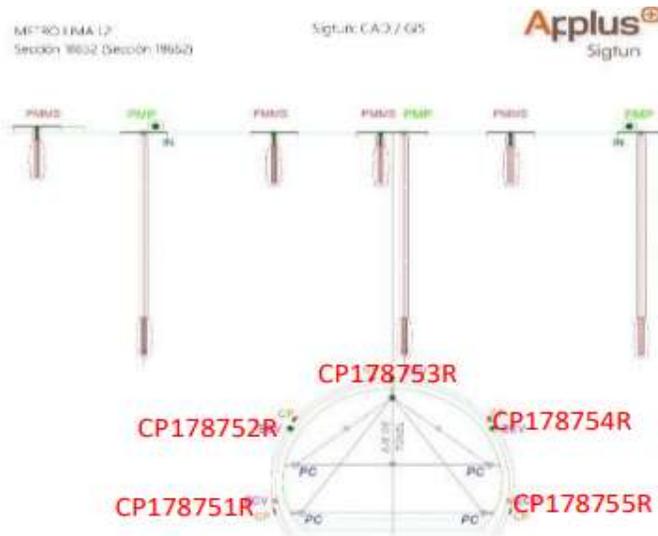
Fuente. APPlus

Figura 55. PK17 875 Tensión



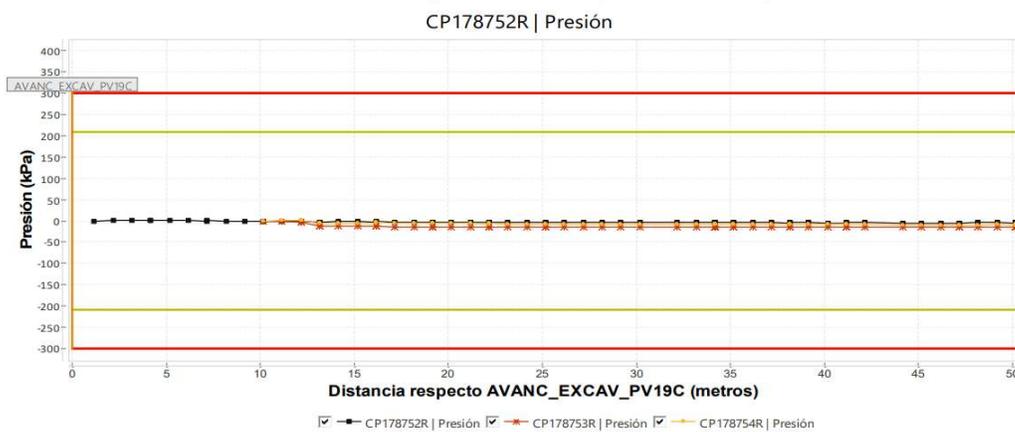
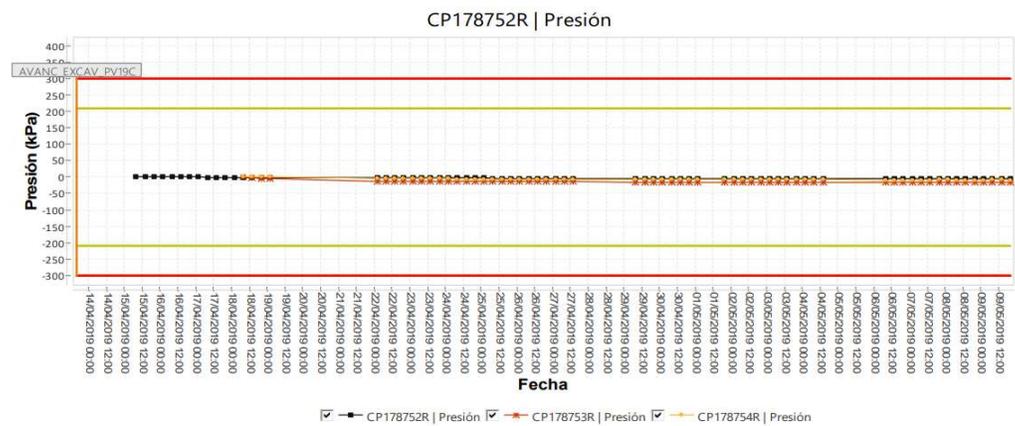
Fuente. APPlus

Figura 56. PK17 875



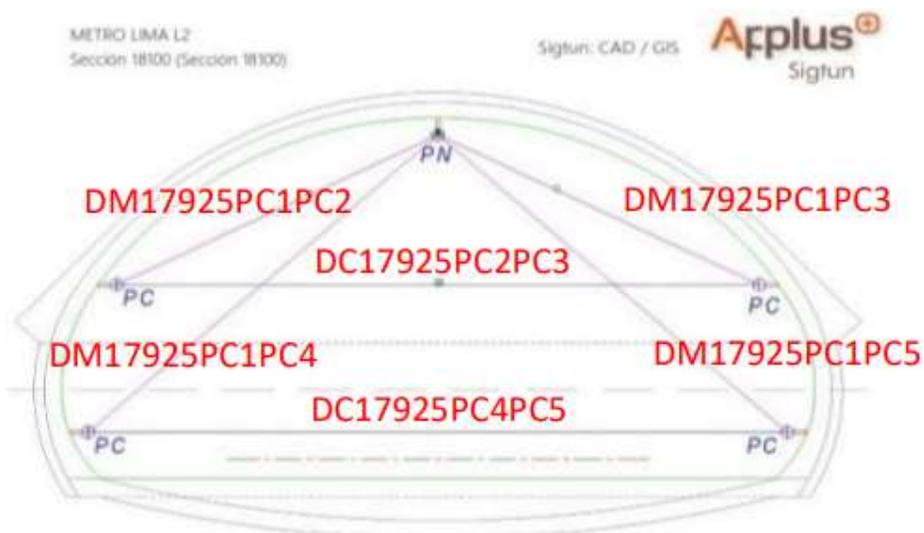
Fuente. APPlus

Figura 57. PK17 875



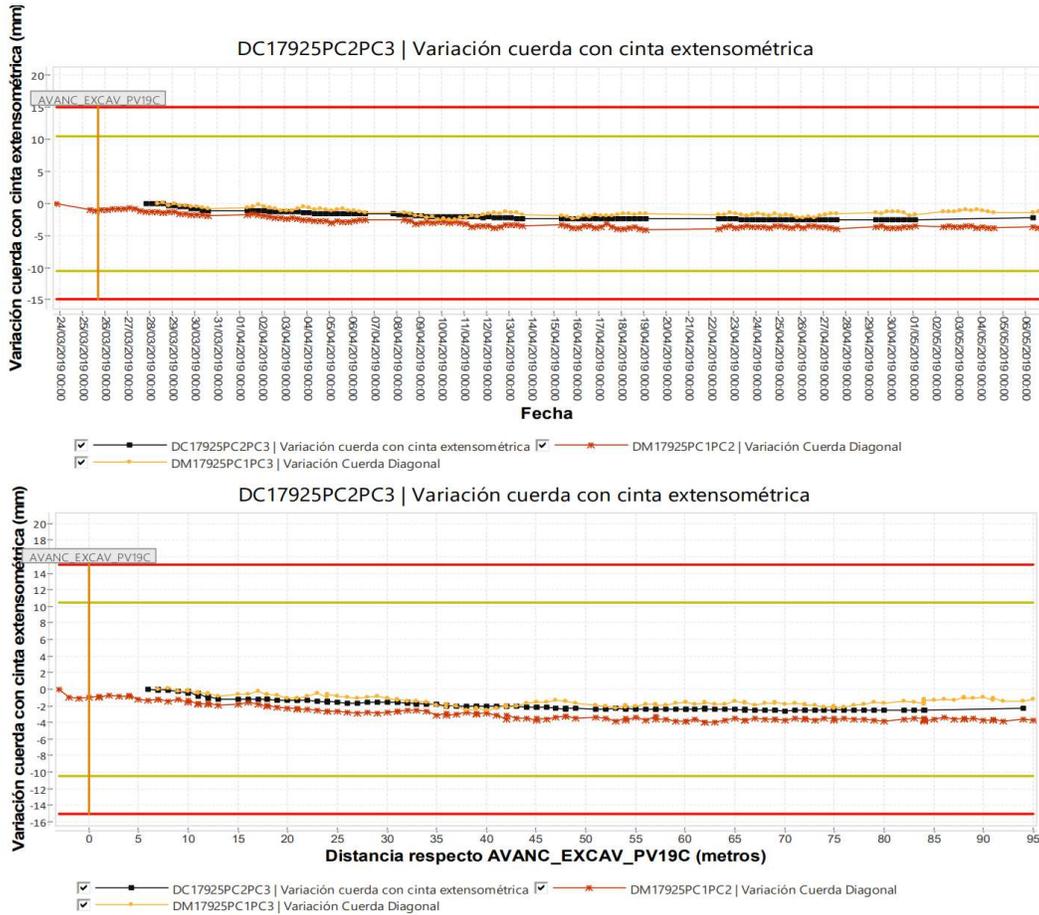
Fuente. APPlus

Figura 58. PK17 925



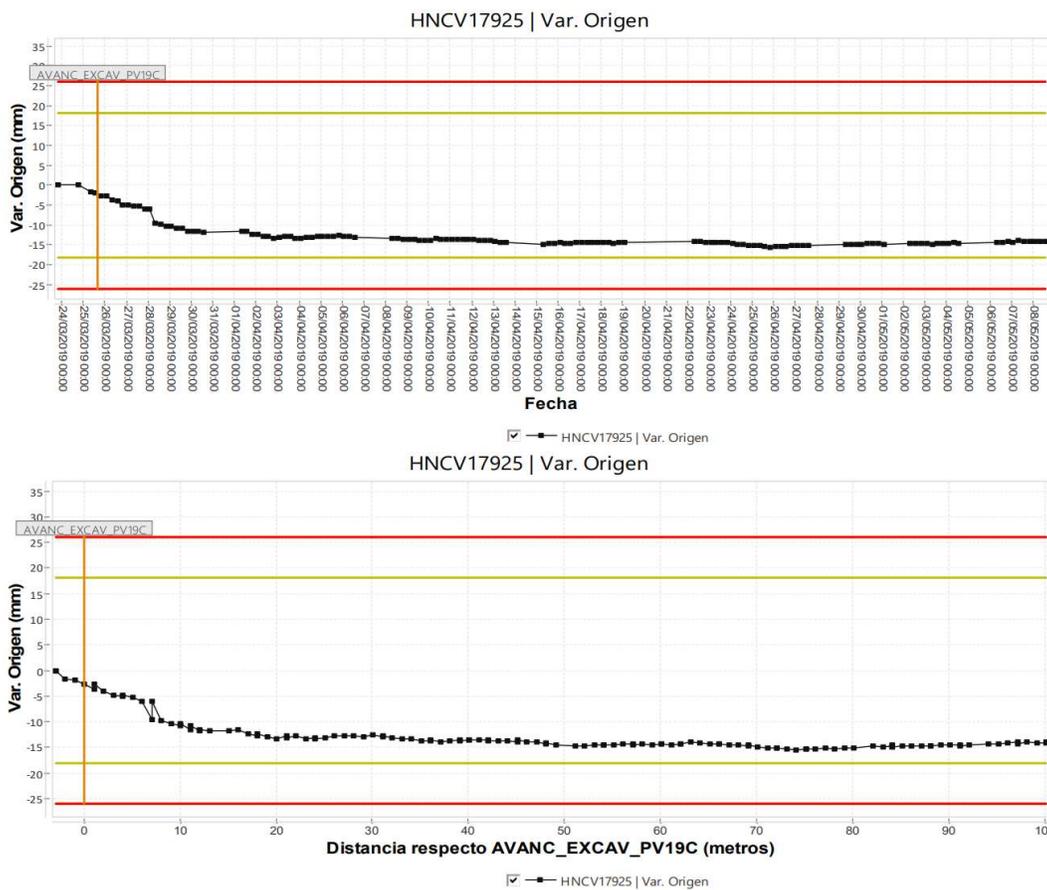
Fuente. APPlus

Figura 59. PK17 925 Variación de cuerda



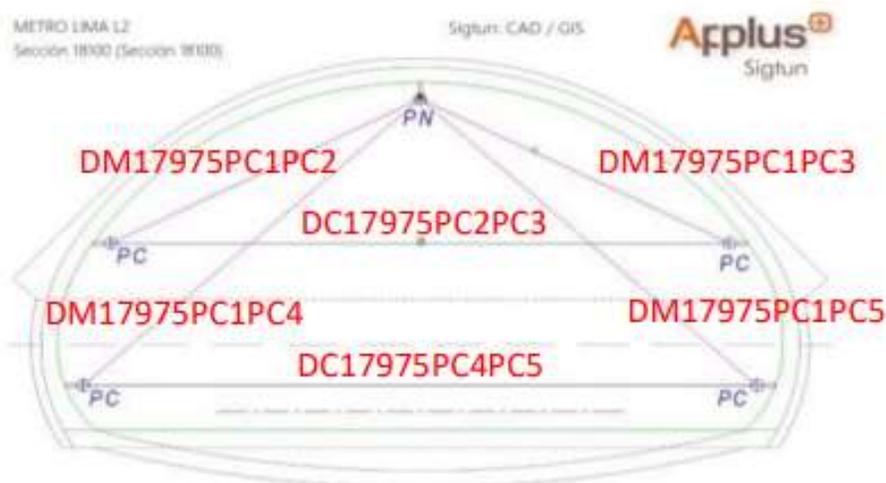
Fuente. APPlus

Figura 60. PK17 925 Variación de Origen



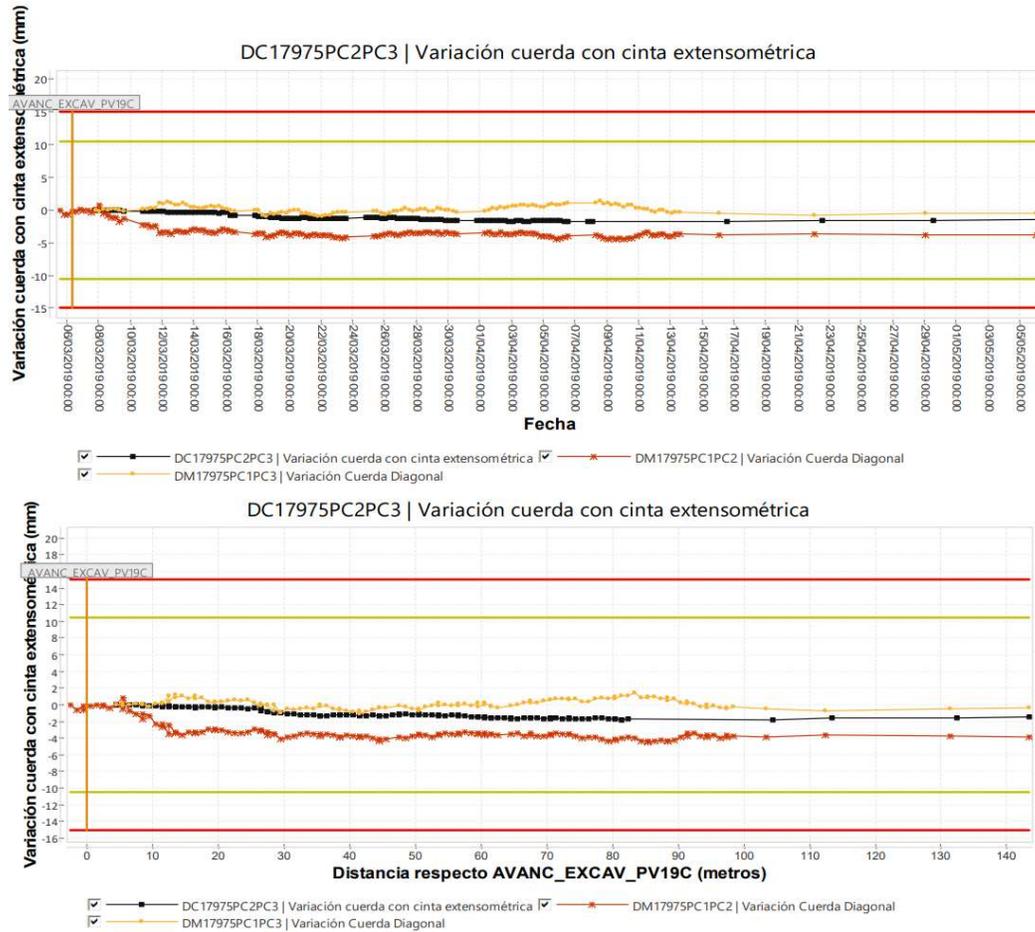
Fuente. APPlus

Figura 61. PK17 975



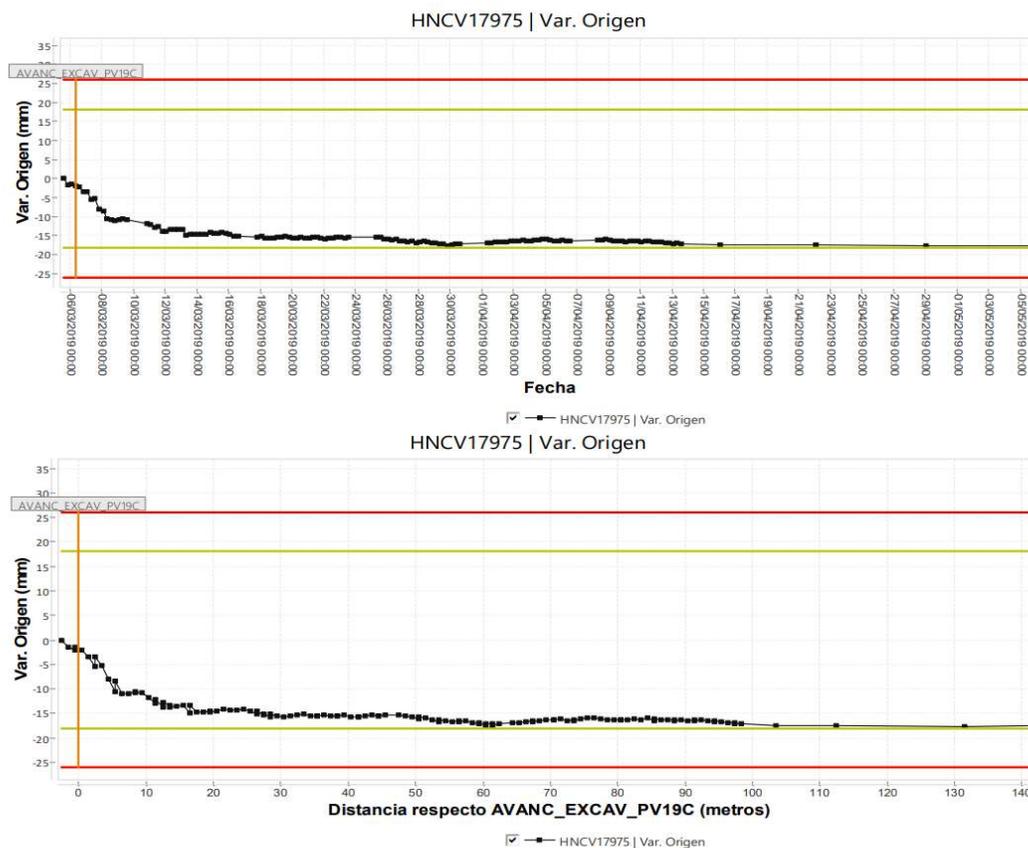
Fuente. APPlus

Figura 62. PK17 975



Fuente. APPlus

Figura 63. PK17 975 Variación de Origen



Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+870.77 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -8.2 mm para el instrumento de medición HM180756. Hasta el 26 de mayo del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT ha cruzado el umbral, con un valor máximo de 247.5 KN.

Tabla 17. Valores en nivelación 26.05.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-7.1	0.002	20/05/2019 14:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP180754	-8.2	-0.011	25/05/2019 02:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN178754	-2.7	0.021	20/05/2019 08:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM177751	-3.9		21/05/2019 08:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 18. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA	
DIANAS DE CONVERGENCIA	18+000	DM18000PC1PC2	-3.3	-0.069	21/05/2019 02:00:00	
		DM18000PC1PC3	-1.4	-0.037	21/05/2019 02:00:00	
	17+975	DM17975PC1PC2	-3.5	0.074	21/05/2019 02:00:00	
		DM17975PC1PC3	-0.9	-0.027	21/05/2019 02:00:00	
	17+950	DM17950PC1PC2	-3.1	0.003	21/05/2019 14:00:00	
		DM17950PC1PC3	0.8	-0.014	21/05/2019 14:00:00	
	17+925	DM17925PC1PC2	-4.9	-0.025	21/05/2019 14:00:00	
		DM17925PC1PC3	-2.0	0.008	21/05/2019 14:00:00	
	17+900	DM17900PC1PC2	-4.3	0.039	21/05/2019 14:00:00	
		DM17900PC1PC3	-1.7	-0.041	21/05/2019 14:00:00	
	17+875	DM17875PC1PC2	-4.1	-0.06	20/05/2019 20:00:00	
		DM17875PC1PC3	-0.8	-0.101	21/05/2019 14:00:00	
	MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	17+850	DM17850PC1PC2	-5.1	-0.386	25/05/2019 08:00:00
			DM17850PC1PC3	0.0	-0.084	23/05/2019 20:00:00
		17+825	DM17825PC1PC2	-2.3	-0.306	24/05/2019 20:00:00
			DM17825PC1PC3	-2.6	-0.309	24/05/2019 20:00:00
		17+815	DM17815PC1PC2	-1.6	-0.306	25/05/2019 08:00:00
			DM17815PC1PC3	-1.1	-0.034	24/05/2019 08:00:00
		17+800	DM17800PC1PC2	-1.6	-0.543	25/05/2019 08:00:00
			DM17800PC1PC3	-1.0	-0.209	24/05/2019 20:00:00
18+000		HNCV18000	-17.0	-0.045	21/05/2019 02:00:00	
		17+975	HNCV17975	-18.0	-0.034	21/05/2019 02:00:00
	17+950	HNCV17950	-14.3	-0.031	21/05/2019 14:00:00	
	17+925	HNCV17925	-14.6	-0.026	21/05/2019 14:00:00	
	17+900	HNCV17900	-13.7	-0.016	21/05/2019 14:00:00	
	17+875	HNCV17875	-9.4	0.055	20/05/2019 08:00:00	
	17+850	HNCV17850	-10.5	-0.215	25/05/2019 14:00:00	
	17+825	HNCV17825	-12.2	-0.261	25/05/2019 14:00:00	
	17+815	HNCV17815	-1.4	-0.168	25/05/2019 02:00:00	
17+800	HNCV17800	-1.6	-0.513	25/05/2019 14:00:00		
PERNOS DE CONVERGENCIA	18+000	DC18000PC2PC3	-2.9		26/05/2019 20:00:00	
	17+975	DC17975PC2PC3	-1.6		21/05/2019 08:00:00	
	17+950	DC17950PC2PC3	-2.3		21/05/2019 08:00:00	
	17+925	DC17925PC2PC3	-2.3		21/05/2019 08:00:00	
	17+900	DC17900PC2PC3	-1.8		21/05/2019 08:00:00	
	17+875	DC17875PC2PC3	-2.1		21/05/2019 02:00:00	
	17+850	DC17850PC2PC3	-1.9		22/05/2019 08:00:00	
	17+825	DC17825PC2PC3	-1.1		24/05/2019 02:00:00	
	17+815	DC17815PC2PC3	-1.2		25/05/2019 14:00:00	
17+800	DC17800PC2PC3	-0.8		25/05/2019 14:00:00		
INCLINOMETRO	17+875	INI178751	2.7		21/05/2019 02:00:00	
		INI178752	1.9		21/05/2019 02:00:00	
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178752LT	-43.4		20/05/2019 08:00:00	
		ECV178752LI	-24.2		21/05/2019 14:00:00	
		ECV178753LT	-247.5		20/05/2019 08:00:00	
		ECV178753LI	-51.5		20/05/2019 08:00:00	
		ECV178754LT	-80.0		20/05/2019 08:00:00	
		ECV178754LI	15.5		21/05/2019 14:00:00	
CÉLULAS DE PRESIÓN	17+875	CP178752R	-5.5		20/05/2019 08:00:00	
		CP178753R	-16.2		21/05/2019 14:00:00	
		CP178754R	-9.7		20/05/2019 08:00:00	

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+765.44 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -8.3 mm para el instrumento de medición HM180756. Hasta el 02 de junio del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT ha cruzado el umbral, con un valor máximo de 253.4 KN y en el instrumento HNCV 17975 ha cruzado el primer umbral de alarma con un valor de 18.3 MM.

Tabla 19. Valores en superficie al 02.06.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-7.1	-0.01	29/05/2019 14:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP180754	-8.3	-0.068	30/05/2019 20:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN178754	-2.6	-0.058	28/05/2019 14:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM180753	-3.9		27/05/2019 03:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 20. Valores en Túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	18+000	DM18000PC1PC2	-4.1	-0.269	01/06/2019 08:00:00
		DM18000PC1PC3	-2.4	-0.211	30/05/2019 14:00:00
	17+975	DM17975PC1PC2	-3.7	-0.024	29/05/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC3	-1.2	-0.038	29/05/2019 14:00:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-2.8	0.033	29/05/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC3	1.0	0.03	29/05/2019 14:00:00
	17+925	DM17925PC1PC2	-5.3	-0.049	29/05/2019 14:00:00
		DM17925PC1PC3	-1.8	0.027	29/05/2019 14:00:00
	17+900	DM17900PC1PC2	-4.5	-0.038	28/05/2019 14:00:00
		DM17900PC1PC3	-2.0	-0.038	28/05/2019 14:00:00
	17+875	DM17875PC1PC2	-3.7	0.042	28/05/2019 14:00:00
		DM17875PC1PC3	-0.7	-0.064	28/05/2019 14:00:00
	17+850	DM17850PC1PC2	-5.0	-0.176	30/05/2019 08:00:00
		DM17850PC1PC3	-0.4	-0.301	31/05/2019 14:00:00
	17+825	DM17825PC1PC2	-3.5	-0.256	31/05/2019 08:00:00
		DM17825PC1PC3	-2.9	-0.109	29/05/2019 14:00:00
	17+815	DM17815PC1PC2	-1.8	-0.224	27/05/2019 08:00:00
		DM17815PC1PC3	-1.1	-0.316	30/05/2019 20:00:00
	17+800	DM17800PC1PC2	-3.4	-0.373	31/05/2019 20:00:00
		DM17800PC1PC3	-2.3	-0.385	31/05/2019 20:00:00
17+775	DM17775PC1PC2	-0.4	-0.477	01/06/2019 08:00:00	
	DM17775PC1PC3	-0.7	-0.358	31/05/2019 20:00:00	
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	18+000	HNCV18000	-17.3	-0.386	29/05/2019 20:00:00
	17+975	HNCV17975	-18.3	0.008	29/05/2019 14:00:00
	17+950	HNCV17950	-14.6	-0.037	29/05/2019 14:00:00
	17+925	HNCV17925	-14.9	-0.033	29/05/2019 14:00:00
	17+900	HNCV17900	-13.8	-0.005	28/05/2019 14:00:00
	17+875	HNCV17875	-9.4	-0.033	28/05/2019 14:00:00
	17+850	HNCV17850	-11.0	-0.231	29/05/2019 02:00:00
	17+825	HNCV17825	-13.0	-0.086	28/05/2019 20:00:00
	17+815	HNCV17815	-1.6	-0.128	29/05/2019 14:00:00
	17+800	HNCV17800	-4.0	-0.467	01/06/2019 14:00:00
17+775	HNCV17775	-0.2	-0.234	31/05/2019 14:00:00	
PERNOS DE CONVERGENCIA	18+000	DC18000PC2PC3	-3.3		01/06/2019 14:00:00
	17+975	DC17975PC2PC3	-1.5		28/05/2019 08:00:00
	17+950	DC17950PC2PC3	-2.4		28/05/2019 08:00:00
	17+925	DC17925PC2PC3	-2.3		29/05/2019 02:00:00
	17+900	DC17900PC2PC3	-1.8		28/05/2019 08:00:00
	17+875	DC17875PC2PC3	-1.5		28/05/2019 08:00:00
	17+850	DC17850PC2PC3	-2.1		30/05/2019 14:00:00
	17+825	DC17825PC2PC3	-1.2		01/06/2019 14:00:00
	17+815	DC17815PC2PC3	-1.9		31/05/2019 08:00:00
	17+800	DC17800PC2PC3	-1.8		31/05/2019 08:00:00
17+775	DC17775PC2PC3	-0.9		01/06/2019 14:00:00	
INCLINOMETRO	17+875	IN178751	3.0		28/05/2019 02:00:00
		IN178752	1.8		28/05/2019 02:00:00
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178752LT	-43.3		28/05/2019 14:00:00
		ECV178752LI	-23.4		28/05/2019 14:00:00
		ECV178753LT	-253.4		28/05/2019 14:00:00
		ECV178753LI	-50.0		28/05/2019 14:00:00
		ECV178754LT	-82.6		28/05/2019 14:00:00
		ECV178754LI	15.6		28/05/2019 14:00:00
CÉLULAS DE PRESIÓN	17+875	CP178752R	-5.6		28/05/2019 14:00:00
		CP178753R	-16.4		28/05/2019 14:00:00
		CP178754R	-10.0		28/05/2019 14:00:00

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+765.44 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -9.0 mm para el instrumento de medición HM180756. Hasta el 09 de junio del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT ha cruzado el primer umbral de alarma y en el instrumento HNCV 17975 ha cruzado el primer umbral de alarma.

Tabla 21. Valores en superficie al 09.06.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-7.7	-0.026	08/06/2019 02:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP180754	-9.0	-0.108	07/06/2019 20:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN180754	-2.7	-0.064	07/06/2019 14:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM179753	-4.1		04/06/2019 20:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 22. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	18+000	DM18000PC1PC2	-5.0	-0.351	05/06/2019 20:00:00
		DM18000PC1PC3	-2.4	-0.402	04/06/2019 08:00:00
	17+975	DM17975PC1PC2	-4.8	-0.193	06/06/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC3	-1.7	-0.191	04/06/2019 14:00:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-3.0	-0.042	04/06/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC3	1.1	0.007	04/06/2019 14:00:00
	17+925	DM17925PC1PC2	-5.6	-0.064	04/06/2019 14:00:00
		DM17925PC1PC3	-2.0	-0.04	04/06/2019 14:00:00
	17+900	DM17900PC1PC2	-4.5	0	06/06/2019 14:00:00
		DM17900PC1PC3	-2.0	0	06/06/2019 14:00:00
	17+875	DM17875PC1PC2	-4.0	-0.028	05/06/2019 14:00:00
		DM17875PC1PC3	-0.6	0.013	05/06/2019 14:00:00
	17+850	DM17850PC1PC2	-4.8	-0.017	05/06/2019 14:00:00
		DM17850PC1PC3	-0.7	-0.05	05/06/2019 14:00:00
	17+825	DM17825PC1PC2	-4.0	-0.402	08/06/2019 14:00:00
		DM17825PC1PC3	-2.8	-0.327	08/06/2019 14:00:00
	17+815	DM17815PC1PC2	-2.2	-0.316	07/06/2019 08:00:00
		DM17815PC1PC3	-1.1	0.024	08/06/2019 02:00:00
	17+800	DM17800PC1PC2	-3.7	-0.056	04/06/2019 20:00:00
		DM17800PC1PC3	-2.8	-0.245	07/06/2019 20:00:00
	17+775	DM17775PC1PC2	-0.8	-0.111	07/06/2019 14:00:00
		DM17775PC1PC3	-1.3	-0.291	06/06/2019 02:00:00
	17+750	DM17750PC1PC2	0.0	0	08/06/2019 14:00:00
		DM17750PC1PC3	0.0	0	08/06/2019 14:00:00
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	18+000	HNCV18000	-17.0	-0.385	06/06/2019 14:00:00
	17+975	HNCV17975	-19.1	-0.386	05/06/2019 20:00:00
	17+950	HNCV17950	-14.8	-0.026	04/06/2019 14:00:00
	17+925	HNCV17925	-14.8	0.023	04/06/2019 14:00:00
	17+900	HNCV17900	-13.8	0	06/06/2019 14:00:00
	17+875	HNCV17875	-9.2	0.028	05/06/2019 14:00:00
	17+850	HNCV17850	-10.5	0.033	05/06/2019 14:00:00
	17+825	HNCV17825	-12.4	-0.348	08/06/2019 14:00:00
	17+815	HNCV17815	-1.8	-0.15	07/06/2019 20:00:00
	17+800	HNCV17800	-4.7	-0.339	05/06/2019 14:00:00
	17+775	HNCV17775	-3.3	-0.539	08/06/2019 14:00:00
17+750	HNCV17750	0.0	0	08/06/2019 14:00:00	
PERNOS DE CONVERGENCIA	18+000	DC18000PC2PC3	-3.7		07/06/2019 14:00:00
	17+975	DC17975PC2PC3	-1.9		08/06/2019 14:00:00
	17+950	DC17950PC2PC3	-2.9		08/06/2019 02:00:00
	17+925	DC17925PC2PC3	-2.3		04/06/2019 08:00:00
	17+900	DC17900PC2PC3	-1.8		05/06/2019 08:00:00
	17+875	DC17875PC2PC3	-1.6		05/06/2019 08:00:00
	17+850	DC17850PC2PC3	-2.1		05/06/2019 08:00:00
	17+825	DC17825PC2PC3	-1.2		03/06/2019 14:00:00
	17+815	DC17815PC2PC3	-2.5		08/06/2019 08:00:00
	17+800	DC17800PC2PC3	-2.4		08/06/2019 08:00:00
17+775	DC17775PC2PC3	-2.3		08/06/2019 02:00:00	
17+750	DC17750PC2PC3	0.0		08/06/2019 14:00:00	
INCLINOMETRO	17+875	IN178751	2.9		05/06/2019 02:00:00
		IN178752	1.8		05/06/2019 02:00:00
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178752LT	-43.3		05/06/2019 08:00:00
		ECV178752LI	-22.9		05/06/2019 08:00:00
		ECV178753LT	-254.1		05/06/2019 08:00:00
		ECV178753LI	-48.7		05/06/2019 08:00:00
		ECV178754LT	-84.5		05/06/2019 08:00:00
		ECV178754LI	15.6		05/06/2019 08:00:00

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+765.44 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -9.2 mm para el instrumento de medición HM180756. Hasta el 16 de junio del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT ha cruzado el primer umbral de alarma y en el instrumento HNCV 17975 ha cruzado el primer umbral de alarma.

Tabla 23. Valores en superficie al 16.06.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-7.8	0.012	11/06/2019 20:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP180754	-9.2	0.036	10/06/2019 14:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN178754	-2.6	-0.09	10/06/2019 14:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM179753	-3.2		11/06/2019 20:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 24. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-5.2	-0.612	15/06/2019 08:00:00
		DM17975PC1PC3	-1.6	-0.643	10/06/2019 14:00:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-3.6	-0.628	15/06/2019 08:00:00
		DM17950PC1PC3	0.7	-0.058	15/06/2019 08:00:00
	17+925	DM17925PC1PC2	-5.4	0.033	11/06/2019 02:00:00
		DM17925PC1PC3	-2.0	-0.003	11/06/2019 02:00:00
	17+900	DM17900PC1PC2	-4.4	0.032	11/06/2019 02:00:00
		DM17900PC1PC3	-1.9	0.02	11/06/2019 02:00:00
	17+875	DM17875PC1PC2	-3.8	0.033	11/06/2019 02:00:00
		DM17875PC1PC3	-0.6	-0.006	11/06/2019 02:00:00
	17+850	DM17850PC1PC2	-4.8	0.004	12/06/2019 02:00:00
		DM17850PC1PC3	-0.7	-0.009	12/06/2019 02:00:00
	17+825	DM17825PC1PC2	-4.1	-0.035	12/06/2019 02:00:00
		DM17825PC1PC3	-2.6	0.059	12/06/2019 02:00:00
	17+815	DM17815PC1PC2	-1.9	0.021	12/06/2019 02:00:00
		DM17815PC1PC3	-0.8	0.056	12/06/2019 02:00:00
	17+800	DM17800PC1PC2	-3.4	-0.657	15/06/2019 14:00:00
		DM17800PC1PC3	-3.0	-0.402	15/06/2019 08:00:00
	17+775	DM17775PC1PC2	-1.9	-0.532	14/06/2019 02:00:00
		DM17775PC1PC3	-1.3	-0.518	11/06/2019 14:00:00
17+750	DM17750PC1PC2	-1.0	-0.611	14/06/2019 02:00:00	
	DM17750PC1PC3	-1.0	-0.701	15/06/2019 08:00:00	
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	17+975	HNCV17975	-19.1	-0.417	11/06/2019 20:00:00
	17+950	HNCV17950	-15.0	-0.062	14/06/2019 02:00:00
	17+925	HNCV17925	-14.9	-0.029	11/06/2019 02:00:00
	17+900	HNCV17900	-13.9	-0.035	11/06/2019 02:00:00
	17+875	HNCV17875	-9.5	-0.056	11/06/2019 02:00:00
	17+850	HNCV17850	-10.7	-0.03	12/06/2019 02:00:00
	17+825	HNCV17825	-12.6	-0.048	12/06/2019 02:00:00
	17+815	HNCV17815	-1.6	-0.048	12/06/2019 02:00:00
	17+800	HNCV17800	-4.5	-0.275	12/06/2019 20:00:00
PERNOS DE CONVERGENCIA	17+975	DC17975PC2PC3	-2.2		15/06/2019 14:00:00
	17+950	DC17950PC2PC3	-3.0		12/06/2019 02:00:00
	17+925	DC17925PC2PC3	-2.6		14/06/2019 08:00:00
INCLINOMETRO	17+875	IN178751	2.8		11/06/2019 02:00:00
		IN178752	1.7		11/06/2019 02:00:00
	17+875	ECV178752LT	-43.3		11/06/2019 08:00:00
		ECV178752LI	-23.5		11/06/2019 08:00:00
		ECV178753LT	-254.0		11/06/2019 08:00:00
		ECV178753LI	-49.8		11/06/2019 08:00:00
		ECV178754LT	-86.6		11/06/2019 08:00:00
		ECV178754LI	15.2		11/06/2019 08:00:00
		CP178752R	-6.3		11/06/2019 08:00:00
CÉLULAS DE PRESIÓN	17+875	CP178753R	-16.6		11/06/2019 08:00:00
		CP178754R	-10.5		11/06/2019 08:00:00

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+765.44 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -9.0 mm para el instrumento de medición HM180756. Hasta el 23 de junio del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT ha cruzado el primer umbral de alarma y en el instrumento HNCV 17975 ha cruzado el primer umbral de alarma.

Tabla 25. Valores en superficie al 23.06.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-7.7	-0.475	18/06/2019 14:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP180754	-9.0	0.014	19/06/2019 02:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN179752	-2.3	-0.342	21/06/2019 08:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM179753	-3.3		22/06/2019 08:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 26. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-5.6	0.021	17/06/2019 20:00:00
		DM17975PC1PC3	-1.9	-0.107	22/06/2019 08:00:00
		DM17975PC1PC4	0.0	0.332	21/06/2019 14:00:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-4.4	0.245	20/06/2019 02:00:00
		DM17950PC1PC3	0.5	0.088	17/06/2019 20:00:00
	17+925	DM17925PC1PC2	-5.6	0.02	18/06/2019 02:00:00
		DM17925PC1PC3	-1.9	-0.055	22/06/2019 14:00:00
	17+900	DM17900PC1PC2	-4.3	0.018	18/06/2019 02:00:00
		DM17900PC1PC3	-1.7	0.03	18/06/2019 02:00:00
	17+875	DM17875PC1PC2	-4.1	-0.05	18/06/2019 02:00:00
		DM17875PC1PC3	-0.8	-0.021	18/06/2019 02:00:00
	17+850	DM17850PC1PC2	-4.9	-0.014	18/06/2019 02:00:00
		DM17850PC1PC3	-0.8	-0.011	18/06/2019 02:00:00
	17+825	DM17825PC1PC2	-4.0	0.036	21/06/2019 14:00:00
		DM17825PC1PC3	-2.8	-0.053	22/06/2019 14:00:00
	17+815	DM17815PC1PC2	-2.8	-0.059	21/06/2019 14:00:00
		DM17815PC1PC3	-1.8	-0.069	21/06/2019 14:00:00
	17+800	DM17800PC1PC2	-3.7	0.1	17/06/2019 20:00:00
		DM17800PC1PC3	-3.3	0.105	17/06/2019 08:00:00
	17+775	DM17775PC1PC2	-2.3	0.118	17/06/2019 14:00:00
DM17775PC1PC3		-2.0	-0.184	22/06/2019 14:00:00	
17+750	DM17750PC1PC2	-2.4	-0.259	22/06/2019 14:00:00	
	DM17750PC1PC3	-2.9	-0.315	22/06/2019 14:00:00	
17+725	DM17725PC1PC2	-0.2	0.336	21/06/2019 14:00:00	
	DM17725PC1PC3	0.0	0.186	22/06/2019 08:00:00	
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	17+975	HNCV17975	-19.0	0.005	21/06/2019 02:00:00
	17+950	HNCV17950	-15.3	-0.124	22/06/2019 02:00:00
	17+925	HNCV17925	-14.9	-0.147	22/06/2019 14:00:00
	17+900	HNCV17900	-14.1	-0.025	18/06/2019 02:00:00
	17+875	HNCV17875	-9.0	0.062	18/06/2019 02:00:00
	17+850	HNCV17850	-10.5	0.033	18/06/2019 02:00:00
	17+825	HNCV17825	-13.0	-0.073	22/06/2019 14:00:00
	17+815	HNCV17815	-2.3	-0.122	22/06/2019 14:00:00
	17+800	HNCV17800	-4.9	-0.086	21/06/2019 14:00:00
	17+775	HNCV17775	-3.5	0.356	17/06/2019 08:00:00
	17+750	HNCV17750	-2.0	-0.151	22/06/2019 14:00:00
	17+725	HNCV17725	-0.5	-0.432	22/06/2019 08:00:00
PERNOS DE CONVERGENCIA	17+975	DC17975PC2PC3	-2.5		22/06/2019 14:00:00
	17+950	DC17950PC2PC3	-3.0		17/06/2019 14:00:00
	17+925	DC17925PC2PC3	-2.8		21/06/2019 08:00:00
	17+900	DC17900PC2PC3	-1.9		19/06/2019 20:00:00
	17+875	DC17875PC2PC3	-1.6		18/06/2019 08:00:00
	17+850	DC17850PC2PC3	-2.0		18/06/2019 08:00:00
	17+825	DC17825PC2PC3	-1.3		18/06/2019 08:00:00
	17+815	DC17815PC2PC3	-2.6		18/06/2019 08:00:00
	17+800	DC17800PC2PC3	-2.8		19/06/2019 02:00:00
	17+775	DC17775PC2PC3	-2.7		21/06/2019 14:00:00
	17+750	DC17750PC2PC3	-2.0		19/06/2019 08:00:00
17+725	DC17725PC2PC3	-0.2		22/06/2019 02:00:00	
INCLINOMETRO	17+875	IN178751	2.7		18/06/2019 02:00:00
		IN178752	1.7		18/06/2019 02:00:00
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178752LT	-43.2		18/06/2019 08:00:00
		ECV178752LI	-23.2		18/06/2019 08:00:00
		ECV178753LT	-254.4		18/06/2019 08:00:00
		ECV178753LI	-48.4		18/06/2019 08:00:00
		ECV178754LT	-88.1		18/06/2019 08:00:00
CÉLULAS DE PRESIÓN	17+875	CP178752R	-6.8		18/06/2019 08:00:00
		CP178753R	-17.0		18/06/2019 08:00:00
		CP178754R	-11.0		18/06/2019 08:00:00

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+765.44 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -8.9 mm para el instrumento de medición HM180754. Hasta el 30 de junio del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT ha cruzado el primer umbral de alarma y en el instrumento HNCV 17975 ha cruzado el primer umbral de alarma.

Tabla 27. Valores en superficie 30.06.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-8.0	-0.037	24/06/2019 14:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP180754	-8.9	0.019	24/06/2019 02:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN179752	-2.6	-0.038	28/06/2019 02:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM177759	-3.2		25/06/2019 08:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 28. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-4.7	0.089	27/06/2019 20:00:00
		DM17975PC1PC3	-2.7	-0.207	29/06/2019 02:00:00
		DM17975PC1PC4	0.0	0.157	24/06/2019 02:00:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-3.0	0.085	25/06/2019 20:00:00
		DM17950PC1PC3	0.5	0.015	26/06/2019 02:00:00
	17+925	DM17925PC1PC2	-5.6	0.109	24/06/2019 14:00:00
		DM17925PC1PC3	-2.3	-0.094	27/06/2019 02:00:00
	17+900	DM17900PC1PC2	-4.2	0.012	25/06/2019 02:00:00
		DM17900PC1PC3	-2.0	-0.043	25/06/2019 02:00:00
	17+875	DM17875PC1PC2	-4.3	-0.018	25/06/2019 02:00:00
		DM17875PC1PC3	-1.0	-0.025	25/06/2019 02:00:00
	17+850	DM17850PC1PC2	-4.6	0.038	25/06/2019 02:00:00
		DM17850PC1PC3	-1.1	-0.036	25/06/2019 02:00:00
	17+825	DM17825PC1PC2	-3.8	0.073	25/06/2019 14:00:00
		DM17825PC1PC3	-2.6	0.032	25/06/2019 14:00:00
	17+815	DM17815PC1PC2	-2.7	-0.019	26/06/2019 14:00:00
		DM17815PC1PC3	-2.0	-0.044	27/06/2019 14:00:00
	17+800	DM17800PC1PC2	-3.2	-0.069	24/06/2019 14:00:00
		DM17800PC1PC3	-3.0	-0.097	24/06/2019 14:00:00
	17+775	DM17775PC1PC2	-2.0	0.02	24/06/2019 20:00:00
		DM17775PC1PC3	-2.1	-0.039	26/06/2019 14:00:00
	17+750	DM17750PC1PC2	-2.5	0.052	27/06/2019 20:00:00
		DM17750PC1PC3	-3.1	-0.032	27/06/2019 14:00:00
	17+725	DM17725PC1PC2	-0.1	0.196	24/06/2019 20:00:00
DM17725PC1PC3		-1.0	-0.2	28/06/2019 14:00:00	
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	17+975	HNCV17975	-19.1	-0.066	28/06/2019 20:00:00
	17+950	HNCV17950	-15.2	0.077	24/06/2019 14:00:00
	17+925	HNCV17925	-15.1	-0.002	24/06/2019 14:00:00
	17+900	HNCV17900	-14.2	-0.013	25/06/2019 02:00:00
	17+875	HNCV17875	-9.3	-0.042	25/06/2019 02:00:00
	17+850	HNCV17850	-10.8	-0.038	25/06/2019 02:00:00
	17+825	HNCV17825	-13.4	-0.031	26/06/2019 14:00:00
	17+815	HNCV17815	-2.7	-0.062	26/06/2019 14:00:00
	17+800	HNCV17800	-4.8	0.033	24/06/2019 14:00:00
	17+775	HNCV17775	-2.8	0.014	27/06/2019 02:00:00
	17+750	HNCV17750	-2.3	0.136	25/06/2019 08:00:00
	17+725	HNCV17725	-2.5	-0.274	28/06/2019 14:00:00
PERNOS DE CONVERGENCIA	17+975	DC17975PC2PC3	-3.2		29/06/2019 02:00:00
		DC17975PC4PC5	-0.3		29/06/2019 02:00:00
	17+950	DC17950PC2PC3	-3.0		29/06/2019 02:00:00
	17+925	DC17925PC2PC3	-2.9		26/06/2019 14:00:00
	17+900	DC17900PC2PC3	-2.2		28/06/2019 08:00:00
	17+875	DC17875PC2PC3	-1.6		25/06/2019 08:00:00
	17+850	DC17850PC2PC3	-2.0		25/06/2019 08:00:00
	17+825	DC17825PC2PC3	-1.4		24/06/2019 08:00:00
	17+815	DC17815PC2PC3	-2.6		24/06/2019 08:00:00
	17+800	DC17800PC2PC3	-2.8		24/06/2019 08:00:00
	17+775	DC17775PC2PC3	-2.8		29/06/2019 02:00:00
	17+750	DC17750PC2PC3	-2.8		28/06/2019 20:00:00
17+725	DC17725PC2PC3	-1.9		28/06/2019 20:00:00	
INCLINOMETRO	17+875	IN178751	2.6		27/06/2019 02:00:00
		IN178752	1.7		27/06/2019 02:00:00
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178752LT	-43.2		27/06/2019 08:00:00
		ECV178752LI	-23.2		27/06/2019 08:00:00
		ECV178753LT	-255.2		27/06/2019 08:00:00
		ECV178753LI	-49.2		27/06/2019 08:00:00
		ECV178754LT	-90.1		27/06/2019 08:00:00
		ECV178754LI	14.8		27/06/2019 08:00:00
CÉLULAS DE PRESIÓN	17+875	CP178752R	-6.5		27/06/2019 08:00:00
		CP178753R	-16.7		27/06/2019 08:00:00
		CP178754R	-10.9		27/06/2019 08:00:00

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+765.44 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -9.0 mm para el instrumento de medición HM180754. Hasta el 07 de julio del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT ha cruzado el primer umbral de alarma y en el instrumento HNCV 17975 ha cruzado el primer umbral de alarma.

Tabla 29. Valores en superficie 07.07.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-8.4	-0.081	06/07/2019 14:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP178755	-9.0	-0.014	04/07/2019 02:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN179752	-2.6	0.033	01/07/2019 20:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM177255	-2.7		05/07/2019 14:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 30. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-5.1	-0.146	06/07/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC3	-3.1	-0.084	05/07/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC4	1.0	0.06	01/07/2019 08:00:00
		DM17975PC1PC5	0.0	0.049	05/07/2019 08:00:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-3.4	-0.147	06/07/2019 08:00:00
		DM17950PC1PC3	-1.3	-0.348	06/07/2019 08:00:00
		DM17950PC1PC4	-0.4	0.044	03/07/2019 20:00:00
	17+925	DM17925PC1PC2	-5.3	0.115	01/07/2019 08:00:00
		DM17925PC1PC3	-2.9	-0.057	05/07/2019 08:00:00
	17+900	DM17900PC1PC2	-4.6	0.083	04/07/2019 02:00:00
		DM17900PC1PC3	-2.9	-0.111	05/07/2019 14:00:00
	17+875	DM17875PC1PC2	-4.3	-0.007	03/07/2019 14:00:00
		DM17875PC1PC3	-0.8	0.014	03/07/2019 14:00:00
	17+850	DM17850PC1PC2	-4.4	0.026	03/07/2019 14:00:00
		DM17850PC1PC3	-1.0	0.007	03/07/2019 14:00:00
	17+825	DM17825PC1PC2	-3.3	0.028	01/07/2019 14:00:00
		DM17825PC1PC3	-2.4	0.012	03/07/2019 14:00:00
	17+815	DM17815PC1PC2	-3.5	-0.16	06/07/2019 14:00:00
		DM17815PC1PC3	-1.9	-0.005	04/07/2019 14:00:00
	17+800	DM17800PC1PC2	-2.9	0.045	01/07/2019 08:00:00
		DM17800PC1PC3	-3.1	-0.011	01/07/2019 14:00:00
	17+775	DM17775PC1PC2	-2.2	-0.091	06/07/2019 08:00:00
		DM17775PC1PC3	-2.9	-0.135	06/07/2019 08:00:00
	17+750	DM17750PC1PC2	-2.0	0.045	01/07/2019 14:00:00
DM17750PC1PC3		-3.4	-0.108	05/07/2019 14:00:00	
DM17725PC1PC2		0.5	0.03	03/07/2019 08:00:00	
17+725	DM17725PC1PC3	-1.8	-0.073	06/07/2019 08:00:00	
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	17+975	HNCV17975	-19.3	-0.07	06/07/2019 02:00:00
	17+950	HNCV17950	-15.5	-0.04	05/07/2019 02:00:00
	17+925	HNCV17925	-15.4	-0.07	04/07/2019 02:00:00
	17+900	HNCV17900	-15.2	-0.214	06/07/2019 14:00:00
	17+875	HNCV17875	-9.5	-0.023	03/07/2019 14:00:00
	17+850	HNCV17850	-10.7	0.001	03/07/2019 14:00:00
	17+825	HNCV17825	-13.1	0	01/07/2019 14:00:00
	17+815	HNCV17815	-2.9	-0.042	02/07/2019 14:00:00
	17+800	HNCV17800	-4.4	0.047	01/07/2019 14:00:00
	17+775	HNCV17775	-1.8	-0.063	06/07/2019 14:00:00
	17+750	HNCV17750	-1.6	-0.139	05/07/2019 14:00:00
	17+725	HNCV17725	-4.5	-0.371	06/07/2019 14:00:00
	PERNOS DE CONVERGENCIA	17+975	DC17975PC2PC3	-3.7	
DC17975PC4PC5			-0.9		05/07/2019 20:00:00
17+950		DC17950PC2PC3	-3.5		06/07/2019 14:00:00
17+925		DC17925PC2PC3	-3		06/07/2019 08:00:00
17+900		DC17900PC2PC3	-2.9		06/07/2019 14:00:00
17+875		DC17875PC2PC3	-1.6		03/07/2019 08:00:00
17+825		DC17825PC2PC3	-1.4		01/07/2019 08:00:00
17+815		DC17815PC2PC3	-2.7		01/07/2019 08:00:00
17+800		DC17800PC2PC3	-2.8		02/07/2019 08:00:00
17+775		DC17775PC2PC3	-3.1		04/07/2019 02:00:00
17+750		DC17750PC2PC3	-3		05/07/2019 20:00:00
17+725	DC17725PC2PC3	-2.4		06/07/2019 02:00:00	
INCLINOMETRO	17+875	IN178751	2.6		04/07/2019 02:00:00
		IN178752	1.9		04/07/2019 02:00:00
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178752LT	-43.2		04/07/2019 08:00:00
		ECV178752LI	-23.0		04/07/2019 08:00:00
		ECV178753LT	-248.9		04/07/2019 08:00:00
		ECV178753LI	-48.1		04/07/2019 08:00:00
		ECV178754LT	-89.2		04/07/2019 08:00:00
CÉLULAS DE PRESIÓN	17+875	CP178752R	-7.0		04/07/2019 08:00:00
		CP178753R	-16.9		04/07/2019 08:00:00
		CP178754R	-10.8		04/07/2019 08:00:00

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+765.44 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -9.7 mm para el instrumento de medición HM180754. Hasta el 14 de julio del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT y en el instrumento HNCV 17975 ha cruzado el primer umbral de alarma.

Tabla 31. Valores en superficie 14.07.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-8.5	0.052	10/07/2019 14:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP178755	-9.7	-0.142	11/07/2019 20:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN179752	-2.8	0.015	10/07/2019 08:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM177752	-3.3		11/07/2019 14:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 32. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA	
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-5.5	0.044	10/07/2019 02:00:00	
		DM17975PC1PC3	-3.9	0.061	10/07/2019 02:00:00	
		DM17975PC1PC4	0.8	0.038	11/07/2019 08:00:00	
		DM17975PC1PC5	-0.9	-0.188	12/07/2019 14:00:00	
	17+950	DM17950PC1PC2	-3.8	-0.072	13/07/2019 14:00:00	
		DM17950PC1PC3	-1.2	0.048	12/07/2019 02:00:00	
		DM17950PC1PC4	-0.4	-0.076	11/07/2019 14:00:00	
		DM17950PC1PC5	-0.9	-0.043	12/07/2019 20:00:00	
	17+925	DM17925PC1PC2	-4.9	0.132	08/07/2019 08:00:00	
		DM17925PC1PC3	-3.6	-0.055	12/07/2019 08:00:00	
	17+900	DM17925PC1PC4	-0.9	-0.362	13/07/2019 14:00:00	
		DM17900PC1PC2	-4.2	0.009	12/07/2019 08:00:00	
	17+875	DM17900PC1PC3	-2.8	-0.006	09/07/2019 20:00:00	
		DM17875PC1PC2	-4.7	0.016	12/07/2019 02:00:00	
	17+850	DM17875PC1PC3	-1.9	-0.301	13/07/2019 14:00:00	
		DM17850PC1PC2	-4.5	-0.018	09/07/2019 14:00:00	
	17+825	DM17850PC1PC3	-0.9	0.017	09/07/2019 14:00:00	
		DM17825PC1PC2	-3.1	-0.007	13/07/2019 14:00:00	
	17+815	DM17825PC1PC3	-2.5	0.035	09/07/2019 14:00:00	
		DM17815PC1PC2	-3.6	0.104	08/07/2019 14:00:00	
	17+800	DM17815PC1PC3	-2.0	0.054	08/07/2019 14:00:00	
		DM17800PC1PC2	-2.7	0.029	08/07/2019 14:00:00	
	17+775	DM17800PC1PC3	-3.3	-0.028	08/07/2019 14:00:00	
		DM17775PC1PC2	-2.2	0.029	08/07/2019 14:00:00	
17+750	DM17775PC1PC3	-4.1	-0.34	11/07/2019 14:00:00		
	DM17750PC1PC2	-2.4	-0.051	11/07/2019 08:00:00		
17+725	DM17750PC1PC3	-3.4	0.053	10/07/2019 02:00:00		
	DM17725PC1PC2	0.6	0.234	08/07/2019 08:00:00		
17+700	DM17725PC1PC3	-2.3	-0.092	12/07/2019 08:00:00		
	DM17700PC1PC2	-0.1	-0.052	12/07/2019 02:00:00		
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	17+975	DM17700PC1PC3	-0.6	-0.298	13/07/2019 08:00:00	
		HNCV17975	-19.0	0.068	08/07/2019 08:00:00	
	17+950	HNCV17950	-15.4	-0.07	11/07/2019 02:00:00	
		HNCV17925	-14.8	0.047	09/07/2019 02:00:00	
	17+900	HNCV17900	-15.9	-0.092	13/07/2019 02:00:00	
		HNCV17875	-10.1	-0.09	13/07/2019 02:00:00	
	17+850	HNCV17850	-11.0	-0.039	09/07/2019 14:00:00	
		HNCV17825	-13.1	0.023	09/07/2019 14:00:00	
	17+815	HNCV17815	-2.6	0.047	08/07/2019 14:00:00	
		HNCV17800	-4.1	0.042	08/07/2019 14:00:00	
	17+775	HNCV17775	-2.9	-0.27	11/07/2019 14:00:00	
		HNCV17750	-1.7	-0.019	12/07/2019 20:00:00	
	17+725	HNCV17725	-4.4	0.002	08/07/2019 20:00:00	
		HNCV17700	-0.3	-0.005	12/07/2019 20:00:00	
	PERNOS DE CONVERGENCIA	17+975	DC17975PC2PC3	-4.0		12/07/2019 14:00:00
			DC17975PC4PC5	-1.6		13/07/2019 14:00:00
		17+950	DC17950PC2PC3	-3.8		12/07/2019 14:00:00
			DC17950PC4PC5	-1.1		13/07/2019 14:00:00
		17+925	DC17925PC2PC3	-3.5		12/07/2019 14:00:00
			DC17900PC2PC3	-3.4		11/07/2019 20:00:00
		17+875	DC17875PC2PC3	-2.3		13/07/2019 14:00:00
			DC17850PC2PC3	-2.2		13/07/2019 14:00:00
		17+825	DC17825PC2PC3	-1.6		08/07/2019 08:00:00
			DC17815PC2PC3	-2.7		08/07/2019 08:00:00
17+800		DC17800PC2PC3	-2.9		08/07/2019 08:00:00	
		DC17775PC2PC3	-3.5		11/07/2019 08:00:00	
17+750		DC17750PC2PC3	-3.6		13/07/2019 14:00:00	
		DC17725PC2PC3	-3.1		12/07/2019 08:00:00	
17+700		DC17700PC2PC3	-0.6		13/07/2019 14:00:00	
		IN178751	2.9		13/07/2019 02:00:00	
INCLINOMETRO	17+875	IN178752	2.1		12/07/2019 14:00:00	
		ECV178752LT	-43.4		10/07/2019 14:00:00	
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178752LI	-24.5		10/07/2019 08:00:00	
		ECV178753LT	-252.6		12/07/2019 20:00:00	
		ECV178753LI	-51.6		11/07/2019 02:00:00	
		ECV178754LT	-92.8		13/07/2019 14:00:00	
		ECV178754LI	15.0		12/07/2019 20:00:00	
CÉLULAS DE PRESIÓN	17+875	CP178752R	-7.2		12/07/2019 20:00:00	
		CP178753R	-16.9		13/07/2019 14:00:00	
		CP178754R	-11.2		13/07/2019 02:00:00	

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+765.44 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -10.7 mm para el instrumento de medición HM180754. Hasta el 21 de julio del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT y en el instrumento HNCV 17975 ha cruzado el primer umbral de alarma.

Tabla 33. Valores en superficie 21.07.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-8.4	-0.097	19/07/2019 20:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP178755	-10.7	-0.199	20/07/2019 02:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN178754	-3.0	-0.086	17/07/2019 20:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM177753	-2.7		15/07/2019 02:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 34. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA	
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-5.4	0.016	17/07/2019 08:00:00	
		DM17975PC1PC3	-3.3	-0.018	16/07/2019 14:00:00	
		DM17975PC1PC4	0.7	-0.12	19/07/2019 08:00:00	
	17+950	DM17950PC1PC5	-1.4	-0.134	19/07/2019 08:00:00	
		DM17950PC1PC2	-4.1	-0.038	18/07/2019 14:00:00	
		DM17950PC1PC3	-1.3	-0.055	16/07/2019 14:00:00	
	17+925	DM17950PC1PC4	-1.5	-0.2	20/07/2019 14:00:00	
		DM17950PC1PC5	-1.3	-0.107	18/07/2019 20:00:00	
		DM17925PC1PC2	-5.1	-0.09	19/07/2019 20:00:00	
	17+900	DM17925PC1PC3	-4.0	-0.126	19/07/2019 08:00:00	
		DM17925PC1PC4	-1.6	-0.115	19/07/2019 08:00:00	
		DM17925PC1PC5	-0.3	-0.118	20/07/2019 14:00:00	
	17+875	DM17900PC1PC2	-4.4	-0.055	19/07/2019 02:00:00	
		DM17900PC1PC3	-2.6	0.072	16/07/2019 14:00:00	
		DM17875PC1PC2	-4.9	-0.1	18/07/2019 20:00:00	
	17+850	DM17875PC1PC3	-3.4	-0.237	20/07/2019 08:00:00	
		DM17850PC1PC2	-4.6	-0.011	17/07/2019 14:00:00	
		DM17850PC1PC3	-0.8	0.016	17/07/2019 14:00:00	
	17+825	DM17825PC1PC2	-3.5	-0.05	20/07/2019 14:00:00	
		DM17825PC1PC3	-2.3	-0.025	16/07/2019 14:00:00	
		DM17815PC1PC2	-3.2	0.038	15/07/2019 14:00:00	
	17+815	DM17815PC1PC3	-2.4	-0.133	20/07/2019 14:00:00	
		DM17800PC1PC2	-3.0	-0.033	17/07/2019 14:00:00	
		DM17800PC1PC3	-3.0	0.03	17/07/2019 14:00:00	
	17+800	DM17775PC1PC2	-2.1	-0.011	17/07/2019 14:00:00	
		DM17775PC1PC3	-3.9	0.043	17/07/2019 14:00:00	
		DM17750PC1PC2	-2.4	-0.023	20/07/2019 08:00:00	
	17+775	DM17750PC1PC3	-3.4	0.017	18/07/2019 20:00:00	
		DM17725PC1PC2	1.5	-0.039	19/07/2019 14:00:00	
		DM17725PC1PC3	-2.6	-0.086	19/07/2019 20:00:00	
	17+750	DM17700PC1PC2	-0.1	-0.054	20/07/2019 14:00:00	
		DM17700PC1PC3	-1.3	-0.122	18/07/2019 20:00:00	
DM17675PC1PC2		-0.2	-0.234	20/07/2019 08:00:00		
17+725	DM17675PC1PC3	0.0	0.313	20/07/2019 02:00:00		
	HNCV17975	-18.9	0.071	15/07/2019 14:00:00		
	HNCV17950	-15.4	-0.004	17/07/2019 14:00:00		
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	17+925	HNCV17925	-14.8	-0.049	18/07/2019 20:00:00	
	17+900	HNCV17900	-16.0	-0.078	17/07/2019 14:00:00	
	17+875	HNCV17875	-10.0	0.037	15/07/2019 14:00:00	
	17+850	HNCV17850	-10.8	0.025	17/07/2019 14:00:00	
	17+825	HNCV17825	-13.2	-0.04	20/07/2019 14:00:00	
	17+815	HNCV17815	-2.9	-0.027	19/07/2019 14:00:00	
	17+800	HNCV17800	-4.0	0.011	17/07/2019 14:00:00	
	17+775	HNCV17775	-3.0	-0.016	17/07/2019 14:00:00	
	17+750	HNCV17750	-1.6	0.013	20/07/2019 08:00:00	
	17+725	HNCV17725	-4.7	-0.121	20/07/2019 14:00:00	
	17+700	HNCV17700	-1.0	-0.099	19/07/2019 14:00:00	
	17+675	HNCV17675	-0.3	-0.652	20/07/2019 14:00:00	
	PERNOS DE CONVERGENCIA	17+975	DC17975PC2PC3	-4.6		20/07/2019 14:00:00
			DC17975PC4PC5	-2.2		20/07/2019 08:00:00
		17+950	DC17950PC2PC3	-4.8		20/07/2019 14:00:00
			DC17950PC4PC5	-1.9		19/07/2019 14:00:00
17+925		DC17925PC2PC3	-4.2		20/07/2019 14:00:00	
		DC17925PC4PC5	-0.1		20/07/2019 14:00:00	
17+900		DC17900PC2PC3	-3.7		20/07/2019 14:00:00	
17+875		DC17875PC2PC3	-2.4		18/07/2019 14:00:00	
17+850		DC17850PC2PC3	-2.5		20/07/2019 08:00:00	
17+825		DC17825PC2PC3	-1.8		20/07/2019 08:00:00	
17+815		DC17815PC2PC3	-2.7		15/07/2019 08:00:00	
17+800		DC17800PC2PC3	-2.9		17/07/2019 08:00:00	
17+775		DC17775PC2PC3	-3.5		17/07/2019 08:00:00	
17+750		DC17750PC2PC3	-3.6		17/07/2019 14:00:00	
17+725		DC17725PC2PC3	-3.2		16/07/2019 20:00:00	
17+700		DC17700PC2PC3	-1.3		19/07/2019 20:00:00	
17+675	DC17675PC2PC3	-0.2		20/07/2019 08:00:00		
INCLINOMETRO	17+675	IN176251	0.0		21/07/2019 20:00:00	
		IN176252	0.0		20/07/2019 14:00:00	
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178752LT	-43.2		15/07/2019 08:00:00	
		ECV178752LI	-24.6		17/07/2019 08:00:00	
		ECV178753LT	-252.8		20/07/2019 14:00:00	
		ECV178753LI	-51.6		17/07/2019 08:00:00	
		ECV178754LT	-94.0		20/07/2019 08:00:00	
CÉLULAS DE PRESIÓN	17+875	CP180755R	-2.7		20/07/2019 02:00:00	
		CP178752R	-7.5		20/07/2019 02:00:00	
		CP178753R	-17.0		20/07/2019 02:00:00	
		CP178754R	-11.5		20/07/2019 02:00:00	

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+765.44 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -10.8 mm para el instrumento de medición HM180754. Hasta el 29 de julio del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT y en el instrumento HNCV 17975 ha cruzado el primer umbral de alarma.

Tabla 35. Valores en superficie 29.07.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-8.1	0.057	24/07/2019 02:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP178755	-10.8	0.236	20/07/2019 02:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN178754	-2.9	0.083	25/07/2019 14:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM177256	-2.7		22/07/2019 20:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 36. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-5.0	0.009	25/07/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC3	-2.7	0.053	25/07/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC4	0.9	0.021	25/07/2019 14:00:00
	17+950	DM17975PC1PC5	-1.1	0.029	25/07/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC2	-4.5	-0.06	26/07/2019 20:00:00
		DM17950PC1PC3	-3.1	-0.335	27/07/2019 08:00:00
	17+925	DM17950PC1PC4	-1.7	-0.027	26/07/2019 20:00:00
		DM17950PC1PC5	-2.4	-0.098	26/07/2019 02:00:00
		DM17925PC1PC2	-4.8	0.024	22/07/2019 08:00:00
	17+900	DM17925PC1PC3	-4.1	-0.069	26/07/2019 14:00:00
		DM17925PC1PC4	-1.3	0.05	22/07/2019 20:00:00
		DM17925PC1PC5	-1.2	-0.125	26/07/2019 14:00:00
	17+875	DM17900PC1PC2	-4.5	-0.04	23/07/2019 14:00:00
		DM17900PC1PC3	-2.0	0.031	23/07/2019 02:00:00
		DM17900PC1PC4	-0.4	0.041	24/07/2019 14:00:00
	17+850	DM17900PC1PC5	-0.2	-0.124	27/07/2019 14:00:00
		DM17875PC1PC2	-5.6	-0.133	27/07/2019 14:00:00
		DM17875PC1PC3	-3.4	0.112	22/07/2019 08:00:00
	17+825	DM17850PC1PC2	-4.5	0.064	23/07/2019 20:00:00
		DM17850PC1PC3	-1.2	-0.203	27/07/2019 14:00:00
		DM17825PC1PC2	-3.4	0.026	25/07/2019 14:00:00
	17+815	DM17825PC1PC3	-2.4	0.049	22/07/2019 14:00:00
		DM17815PC1PC2	-3.1	-0.002	26/07/2019 14:00:00
		DM17815PC1PC3	-2.5	0.081	22/07/2019 14:00:00
	17+800	DM17800PC1PC2	-3.1	-0.012	23/07/2019 14:00:00
		DM17800PC1PC3	-2.9	0.015	23/07/2019 14:00:00
		DM17775PC1PC2	-1.9	0.022	24/07/2019 14:00:00
	17+775	DM17775PC1PC3	-3.7	0.018	24/07/2019 14:00:00
		DM17750PC1PC2	-2.0	0.03	24/07/2019 14:00:00
		DM17750PC1PC3	-2.7	0.044	24/07/2019 14:00:00
	17+725	DM17725PC1PC2	0.8	-0.182	25/07/2019 14:00:00
		DM17725PC1PC3	-3.3	-0.14	25/07/2019 08:00:00
		DM17700PC1PC2	-0.6	-0.006	24/07/2019 08:00:00
17+700	DM17700PC1PC3	-1.2	0.102	22/07/2019 08:00:00	
	DM17675PC1PC2	-0.9	-0.093	26/07/2019 08:00:00	
	DM17675PC1PC3	-0.8	-0.184	27/07/2019 14:00:00	
17+650	DM17650PC1PC2	-0.4	-0.656	27/07/2019 14:00:00	
	DM17650PC1PC3	0.0	0.507	27/07/2019 02:00:00	
	HNCV17975	-18.5	-0.02	25/07/2019 14:00:00	
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	17+950	HNCV17950	-15.7	-0.061	24/07/2019 08:00:00
	17+925	HNCV17925	-15.2	-0.02	24/07/2019 02:00:00
	17+900	HNCV17900	-16.2	-0.003	27/07/2019 02:00:00
	17+875	HNCV17875	-9.8	-0.023	25/07/2019 02:00:00
	17+850	HNCV17850	-11.2	-0.013	24/07/2019 20:00:00
	17+825	HNCV17825	-13.6	-0.069	27/07/2019 14:00:00
	17+815	HNCV17815	-3.2	-0.042	26/07/2019 14:00:00
	17+800	HNCV17800	-4.1	-0.016	23/07/2019 14:00:00
	17+775	HNCV17775	-3.2	-0.024	24/07/2019 14:00:00
	17+750	HNCV17750	-1.5	-0.05	24/07/2019 14:00:00
	17+725	HNCV17725	-5.2	-0.138	25/07/2019 08:00:00
	17+700	HNCV17700	-1.4	-0.075	25/07/2019 02:00:00
	17+675	HNCV17675	-1.2	-0.147	25/07/2019 02:00:00
	17+650	HNCV17650	-0.2	-0.236	27/07/2019 08:00:00
	PERNOS DE CONVERGENCIA	17+975	DC17975PC2PC3	-4.7	
DC17975PC4PC5			-2.1		25/07/2019 08:00:00
17+950		DC17950PC2PC3	-5.6		27/07/2019 14:00:00
		DC17950PC4PC5	-2.4		27/07/2019 14:00:00
17+925		DC17925PC2PC3	-5.0		27/07/2019 14:00:00
		DC17925PC4PC5	-0.8		27/07/2019 14:00:00
17+900		DC17900PC2PC3	-4.6		27/07/2019 14:00:00
		DC17900PC4PC5	-0.3		27/07/2019 14:00:00
17+875		DC17875PC2PC3	-2.5		26/07/2019 02:00:00
17+850		DC17850PC2PC3	-2.6		26/07/2019 14:00:00
17+825		DC17825PC2PC3	-1.9		23/07/2019 08:00:00
17+815		DC17815PC2PC3	-2.6		23/07/2019 08:00:00
17+800		DC17800PC2PC3	-2.9		23/07/2019 08:00:00
17+775		DC17775PC2PC3	-3.4		24/07/2019 08:00:00
17+750		DC17750PC2PC3	-3.5		24/07/2019 08:00:00
17+725		DC17725PC2PC3	-3.2		23/07/2019 20:00:00
17+700		DC17700PC2PC3	-1.4		23/07/2019 14:00:00
17+675		DC17675PC2PC3	-1.3		26/07/2019 02:00:00
17+650	DC17650PC2PC3	-0.2		27/07/2019 14:00:00	
INCLINOMETRO	17+875	IN178751	3.3		22/07/2019 20:00:00
		IN178752	2.4		26/07/2019 08:00:00
	17+675	IN176251	0.2		27/07/2019 14:00:00
		IN176252	0.2		27/07/2019 02:00:00
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178752LT	-42.0		24/07/2019 02:00:00
		ECV178752LI	-24.3		25/07/2019 08:00:00
		ECV178753LT	-257.2		27/07/2019 14:00:00
		ECV178753LI	-51.8		25/07/2019 08:00:00
		ECV178754LT	-96.1		27/07/2019 08:00:00
		ECV178754LI	14.7		22/07/2019 08:00:00
CÉLULAS DE PRESIÓN	17+875	CP180755R	-3.1		22/07/2019 14:00:00
		CP178752R	-19.6		22/07/2019 08:00:00
		CP178753R	-26.0		22/07/2019 08:00:00
		CP178754R	-31.5		22/07/2019 08:00:00

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+765.44 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -11.5 mm para el instrumento de medición HM180754. Hasta el 11 de agosto del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT y en el instrumento HNCV 17975 ha cruzado el primer umbral de alarma.

Tabla 37. Valores en superficie 11.08.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN178754	-8.5	-0.026	09/08/2019 02:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP178755	-11.5	-0.094	10/08/2019 08:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN178754	-3.2	-0.110	10/08/2019 14:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM180755	-2.0		05/08/2019 14:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 38. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-5.0	-0.028	06/08/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC3	-2.9	0.01	06/08/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC4	1.0	-0.015	06/08/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC5	-1.0	-0.02	06/08/2019 14:00:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-4.1	0.03	06/08/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC3	-3.2	-0.053	06/08/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC4	-1.4	0.044	06/08/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC5	-2.1	-0.053	06/08/2019 14:00:00
	17+925	DM17925PC1PC2	-5.0	-0.006	06/08/2019 08:00:00
		DM17925PC1PC3	-4.1	0.034	05/08/2019 14:00:00
		DM17925PC1PC4	-1.7	-0.133	08/08/2019 02:00:00
		DM17925PC1PC5	-1.4	-0.141	07/08/2019 20:00:00
	17+900	DM17900PC1PC2	-4.9	-0.071	10/08/2019 08:00:00
		DM17900PC1PC3	-2.5	0.093	07/08/2019 08:00:00
		DM17900PC1PC4	-0.4	-0.009	10/08/2019 14:00:00
		DM17900PC1PC5	-0.3	-0.043	10/08/2019 14:00:00
	17+875	DM17875PC1PC2	-5.4	0.12	08/08/2019 08:00:00
		DM17875PC1PC3	-3.1	-0.036	09/08/2019 14:00:00
		DM17875PC1PC4	-0.8	-0.007	06/08/2019 14:00:00
		DM17875PC1PC5	-0.3	0.042	06/08/2019 08:00:00
	17+850	DM17850PC1PC2	-4.7	-0.06	10/08/2019 08:00:00
		DM17850PC1PC3	-1.4	-0.098	10/08/2019 08:00:00
		DM17850PC1PC4	-0.7	-0.277	10/08/2019 14:00:00
	17+825	DM17825PC1PC2	-3.7	0.08	09/08/2019 20:00:00
		DM17825PC1PC3	-2.3	-0.048	10/08/2019 08:00:00
	17+815	DM17815PC1PC2	-3.2	-0.002	09/08/2019 08:00:00
		DM17815PC1PC3	-2.4	0.087	07/08/2019 14:00:00
	17+800	DM17800PC1PC2	-3.1	-0.016	09/08/2019 02:00:00
		DM17800PC1PC3	-3.3	0.003	05/08/2019 14:00:00
	17+775	DM17775PC1PC2	-1.7	0.02	05/08/2019 14:00:00
		DM17775PC1PC3	-4.0	-0.011	05/08/2019 14:00:00
	17+750	DM17750PC1PC2	-2.3	-0.043	05/08/2019 14:00:00
		DM17750PC1PC3	-3.1	-0.056	05/08/2019 14:00:00
	17+725	DM17725PC1PC2	0.8	-0.017	05/08/2019 14:00:00
		DM17725PC1PC3	-3.2	0.004	05/08/2019 14:00:00
	17+700	DM17700PC1PC2	-0.2	0.012	06/08/2019 02:00:00
		DM17700PC1PC3	-0.3	-0.038	05/08/2019 20:00:00
	17+675	DM17675PC1PC2	-1.0	-0.018	09/08/2019 14:00:00
		DM17675PC1PC3	-1.3	0.016	05/08/2019 08:00:00
	17+650	DM17650PC1PC2	-2.1	-0.206	10/08/2019 14:00:00
		DM17650PC1PC3	0.6	0.072	05/08/2019 08:00:00
	17+625	DM17625PC1PC2	-0.1	0.002	10/08/2019 02:00:00
DM17625PC1PC3		0.0	0.095	07/08/2019 08:00:00	

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	17+975	HNCV17975	-18.5	0.036	06/08/2019 14:00:00
	17+950	HNCV17950	-15.5	0.012	06/08/2019 14:00:00
	17+925	HNCV17925	-14.9	0.034	05/08/2019 20:00:00
	17+900	HNCV17900	-16.5	-0.029	08/08/2019 02:00:00
	17+875	HNCV17875	-9.7	-0.012	08/08/2019 02:00:00
	17+850	HNCV17850	-11.3	-0.03	06/08/2019 14:00:00
	17+825	HNCV17825	-14.0	-0.057	10/08/2019 02:00:00
	17+815	HNCV17815	-3.1	-0.002	08/08/2019 20:00:00
	17+800	HNCV17800	-4.1	0.169	09/08/2019 08:00:00
	17+775	HNCV17775	-3.6	-0.041	05/08/2019 14:00:00
	17+750	HNCV17750	-1.4	-0.033	05/08/2019 14:00:00
	17+725	HNCV17725	-4.8	0.028	05/08/2019 14:00:00
	17+700	HNCV17700	-1.9	-0.236	07/08/2019 14:00:00
	17+675	HNCV17675	-2.5	-0.147	10/08/2019 02:00:00
	17+650	HNCV17650	-1.6	-0.151	08/08/2019 02:00:00
17+625	HNCV17625	-0.3	0.002	07/08/2019 20:00:00	
PERNOS DE CONVERGENCIA	17+975	DC17975PC2PC3	-4.9		06/08/2019 02:00:00
	17+950	DC17950PC2PC3	-5.7		06/08/2019 02:00:00
		DC17950PC4PC5	-2.6		06/08/2019 02:00:00
	17+925	DC17925PC2PC3	-5.5		07/08/2019 02:00:00
		DC17925PC4PC5	-1.7		07/08/2019 02:00:00
	17+900	DC17900PC2PC3	-5.2		10/08/2019 14:00:00
		DC17900PC4PC5	-1.3		09/08/2019 02:00:00
	17+875	DC17875PC2PC3	-3.5		10/08/2019 14:00:00
		DC17875PC4PC5	-0.8		10/08/2019 14:00:00
	17+850	DC17850PC2PC3	-2.9		10/08/2019 14:00:00
	17+825	DC17825PC2PC3	-2.5		09/08/2019 08:00:00
	17+815	DC17815PC2PC3	-3.0		09/08/2019 20:00:00
	17+800	DC17800PC2PC3	-2.9		10/08/2019 02:00:00
	17+775	DC17775PC2PC3	-3.4		05/08/2019 08:00:00
	17+750	DC17750PC2PC3	-3.5		05/08/2019 08:00:00
	17+725	DC17725PC2PC3	-3.0		05/08/2019 08:00:00
	17+700	DC17700PC2PC3	-1.2		05/08/2019 14:00:00
	17+675	DC17675PC2PC3	-2.3		10/08/2019 02:00:00
17+650	DC17650PC2PC3	-1.4		09/08/2019 20:00:00	
17+625	DC17625PC2PC3	-0.4		10/08/2019 08:00:00	
INCLINOMETRO	17+875	IN178751	3.4		10/08/2019 02:00:00
		IN178752	2.8		09/08/2019 08:00:00
	17+625	IN176251	1.5		10/08/2019 02:00:00
		IN176252	0.3		09/08/2019 20:00:00

INSTRUMENTO	SECCIÓN COMPLETA	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (Kpa)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
EXTENSÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178751LT	-3.5		09/08/2019 20:00:00
		ECV178751LI	-6.8		09/08/2019 20:00:00
		ECV178752LT	-42.7		08/08/2019 02:00:00
		ECV178752LI	-27.3		09/08/2019 14:00:00
		ECV178753LT	-283.3		08/08/2019 02:00:00
		ECV178753LI	-64.5		09/08/2019 14:00:00
		ECV178754LT	-104.3		09/08/2019 20:00:00
		ECV178754LI	14.4		05/08/2019 08:00:00
		ECV178755LT	22.2		05/08/2019 14:00:00
		ECV178755LI	12.9		06/08/2019 02:00:00
	17+625	ECV176252LT	3.5		08/08/2019 14:00:00
		ECV176252LI	-12.6		09/08/2019 20:00:00
		ECV176253LT	10.9		09/08/2019 14:00:00
		ECV176253LI	6.9		08/08/2019 14:00:00
		ECV176254LT	-10.8		09/08/2019 20:00:00
		ECV176254LI	7.0		09/08/2019 20:00:00
CÉLULAS DE PRESIÓN	17+875	CP178751R	-17.5		05/08/2019 08:00:00
		CP178752R	-8.7		06/08/2019 02:00:00
		CP178753R	-17.7		06/08/2019 08:00:00
		CP178754R	-11.4		09/08/2019 02:00:00
		CP178755R	-9.8		10/08/2019 14:00:00
	17+625	CP176252R	-14.4		10/08/2019 14:00:00
		CP176253R	-17.5		10/08/2019 14:00:00
		CP176254R	-6.3		10/08/2019 14:00:00

Fuente. APPlus

Siguiendo la construcción del túnel se han excavado hasta el PK 17+765.44 y se ha logrado cruzar la sección simple con PK 17+881.77 y se ha tenido un valor de -11.4 mm para el instrumento de medición HM180754. Hasta el 18 de agosto del 2019 el monitoreo de las secciones PK 17+825, PK17+850, PK 17+875, PK 17+925, PK 17+950 y PK 17+975, y se observa que el instrumento ECV 178753LT y en el instrumento HNCV 17975 ha cruzado el primer umbral de alarma.

Tabla 39. Valores en superficie 18.08.2019

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>POZO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)</b>	<b>VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)</b>	<b>FECHA</b>
HITO DE NIVELACIÓN	19	HN179753	-8.2	0.006	14/08/2019 02:00:00
HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDA	19	HP178755	-11.4	0.032	12/08/2019 08:00:00
REGLETA DE NIVELACIÓN	19	RN178754	-3.2	0.099	11/08/2019 20:00:00
DIANAS DE NIVELACIÓN	19	HM177757	-2.3		15/08/2019 08:00:00

Fuente. APPlus

Tabla 40. Valores en túnel

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
DIANAS DE CONVERGENCIA	17+975	DM17975PC1PC2	-4.8	0.039	12/08/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC3	-3.1	-0.046	12/08/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC4	0.7	-0.043	12/08/2019 14:00:00
		DM17975PC1PC5	-1.1	-0.02	12/08/2019 14:00:00
	17+950	DM17950PC1PC2	-4.2	-0.011	13/08/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC3	-3.0	0.027	13/08/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC4	-1.3	0.018	13/08/2019 14:00:00
		DM17950PC1PC5	-2.0	0.018	13/08/2019 14:00:00
	17+925	DM17925PC1PC2	-4.5	0.056	13/08/2019 14:00:00
		DM17925PC1PC3	-4.1	-0.046	13/08/2019 14:00:00
		DM17925PC1PC4	-1.5	0.033	13/08/2019 14:00:00
	17+900	DM17900PC1PC2	-4.5	0.178	12/08/2019 20:00:00
		DM17900PC1PC3	-2.4	0.015	12/08/2019 20:00:00
		DM17900PC1PC4	-0.4	0.088	12/08/2019 20:00:00
		DM17900PC1PC5	-0.9	-0.004	13/08/2019 02:00:00
	17+875	DM17875PC1PC2	-5.0	-0.017	12/08/2019 14:00:00
		DM17875PC1PC3	-2.8	0.056	16/08/2019 08:00:00
		DM17875PC1PC4	-0.3	0.042	12/08/2019 08:00:00
		DM17875PC1PC5	-0.7	-0.022	16/08/2019 02:00:00
	17+850	DM17850PC1PC2	-4.4	0.108	12/08/2019 08:00:00
		DM17850PC1PC3	-2.5	-0.072	16/08/2019 14:00:00
		DM17850PC1PC4	-1.2	0.021	13/08/2019 20:00:00
		DM17850PC1PC5	-0.3	0.044	16/08/2019 14:00:00
	17+825	DM17825PC1PC2	-3.8	-0.05	14/08/2019 20:00:00
		DM17825PC1PC3	-2.5	0.044	14/08/2019 02:00:00
		DM17825PC1PC4	-0.2	-0.125	17/08/2019 14:00:00
		DM17825PC1PC5	0.0	1.163	17/08/2019 08:00:00
	17+815	DM17815PC1PC2	-3.0	0.053	14/08/2019 08:00:00
		DM17815PC1PC3	-2.2	-0.023	16/08/2019 14:00:00
	17+800	DM17800PC1PC2	-3.1	0.012	13/08/2019 14:00:00
		DM17800PC1PC3	-3.0	0.025	12/08/2019 14:00:00
	17+775	DM17775PC1PC2	-2.3	0.048	15/08/2019 20:00:00
		DM17775PC1PC3	-4.1	0.083	13/08/2019 14:00:00
	17+750	DM17750PC1PC2	-2.2	0.018	13/08/2019 14:00:00
		DM17750PC1PC3	-2.9	0.025	13/08/2019 14:00:00
	17+725	DM17725PC1PC2	0.9	0.007	14/08/2019 02:00:00
		DM17725PC1PC3	-3.0	0.025	14/08/2019 02:00:00
	17+700	DM17700PC1PC2	0.0	-0.013	14/08/2019 02:00:00
		DM17700PC1PC3	0.0	0.022	14/08/2019 02:00:00
	17+675	DM17675PC1PC2	-1.3	-0.037	13/08/2019 08:00:00
DM17675PC1PC3		-1.9	-0.209	14/08/2019 14:00:00	
17+650	DM17650PC1PC2	-2.2	-0.03	15/08/2019 02:00:00	
	DM17650PC1PC3	1.0	0.06	12/08/2019 08:00:00	
17+625	DM17625PC1PC2	-0.8	-0.059	16/08/2019 08:00:00	
	DM17625PC1PC3	-1.1	-0.227	15/08/2019 20:00:00	
17+600	DM17600PC1PC2	0.0	0.133	14/08/2019 06:00:00	
	DM17600PC1PC3	-0.1	-0.024	16/08/2019 14:00:00	

INSTRUMENTO	SECCIÓN	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA
MIINIPRISMA DE CONVERGENCIA	17+975	HNCV17975	-18.3	0.037	12/08/2019 14:00:00
	17+950	HNCV17950	-15.7	-0.026	13/08/2019 14:00:00
	17+925	HNCV17925	-14.4	0.031	13/08/2019 14:00:00
	17+900	HNCV17900	-16.4	-0.02	13/08/2019 14:00:00
	17+875	HNCV17875	-10.2	-0.111	17/08/2019 14:00:00
	17+850	HNCV17850	-11.9	-0.1	16/08/2019 02:00:00
	17+825	HNCV17825	-14.1	0.038	15/08/2019 08:00:00
	17+815	HNCV17815	-2.9	-0.035	17/08/2019 08:00:00
	17+800	HNCV17800	-4.2	0.006	14/08/2019 14:00:00
	17+775	HNCV17775	-4.2	-0.034	16/08/2019 20:00:00
	17+750	HNCV17750	-1.7	-0.028	13/08/2019 14:00:00
	17+725	HNCV17725	-4.6	0.023	14/08/2019 02:00:00
	17+700	HNCV17700	-2.1	-0.031	14/08/2019 02:00:00
	17+675	HNCV17675	-2.6	-0.163	14/08/2019 14:00:00
	17+650	HNCV17650	-2.5	-0.124	17/08/2019 02:00:00
	17+625	HNCV17625	-0.4	-0.034	15/08/2019 14:00:00
	17+600	HNCV17600	-1.0	-0.307	17/08/2019 02:00:00
PERNOS DE CONVERGENCIA	17+975	DC17975PC2PC3	-5.1		13/08/2019 08:00:00
	17+950	DC17950PC2PC3	-5.7		13/08/2019 08:00:00
	17+925	DC17925PC2PC3	-5.6		13/08/2019 08:00:00
		DC17925PC4PC5	-1.8		13/08/2019 08:00:00
	17+900	DC17900PC2PC3	-5.2		12/08/2019 14:00:00
		DC17900PC4PC5	-1.2		12/08/2019 14:00:00
	17+875	DC17875PC2PC3	-4.5		14/08/2019 20:00:00
		DC17875PC4PC5	-1.2		17/08/2019 02:00:00
	17+850	DC17850PC2PC3	-3.9		14/08/2019 20:00:00
		DC17850PC4PC5	-0.7		16/08/2019 20:00:00
	17+825	DC17825PC2PC3	-2.5		14/08/2019 02:00:00
		DC17825PC4PC5	-0.3		17/08/2019 14:00:00
	17+815	DC17815PC2PC3	-3.3		16/08/2019 14:00:00
	17+800	DC17800PC2PC3	-2.9		13/08/2019 08:00:00
	17+775	DC17775PC2PC3	-3.5		17/08/2019 02:00:00
	17+750	DC17750PC2PC3	-3.5		13/08/2019 08:00:00
	17+725	DC17725PC2PC3	-2.9		14/08/2019 08:00:00
	17+700	DC17700PC2PC3	-1.2		14/08/2019 08:00:00
	17+675	DC17675PC2PC3	-2.3		13/08/2019 08:00:00
	17+650	DC17650PC2PC3	-1.4		13/08/2019 08:00:00
17+625	DC17625PC2PC3	-1.0		17/08/2019 08:00:00	
17+600	DC17600PC2PC3	-0.5		17/08/2019 02:00:00	

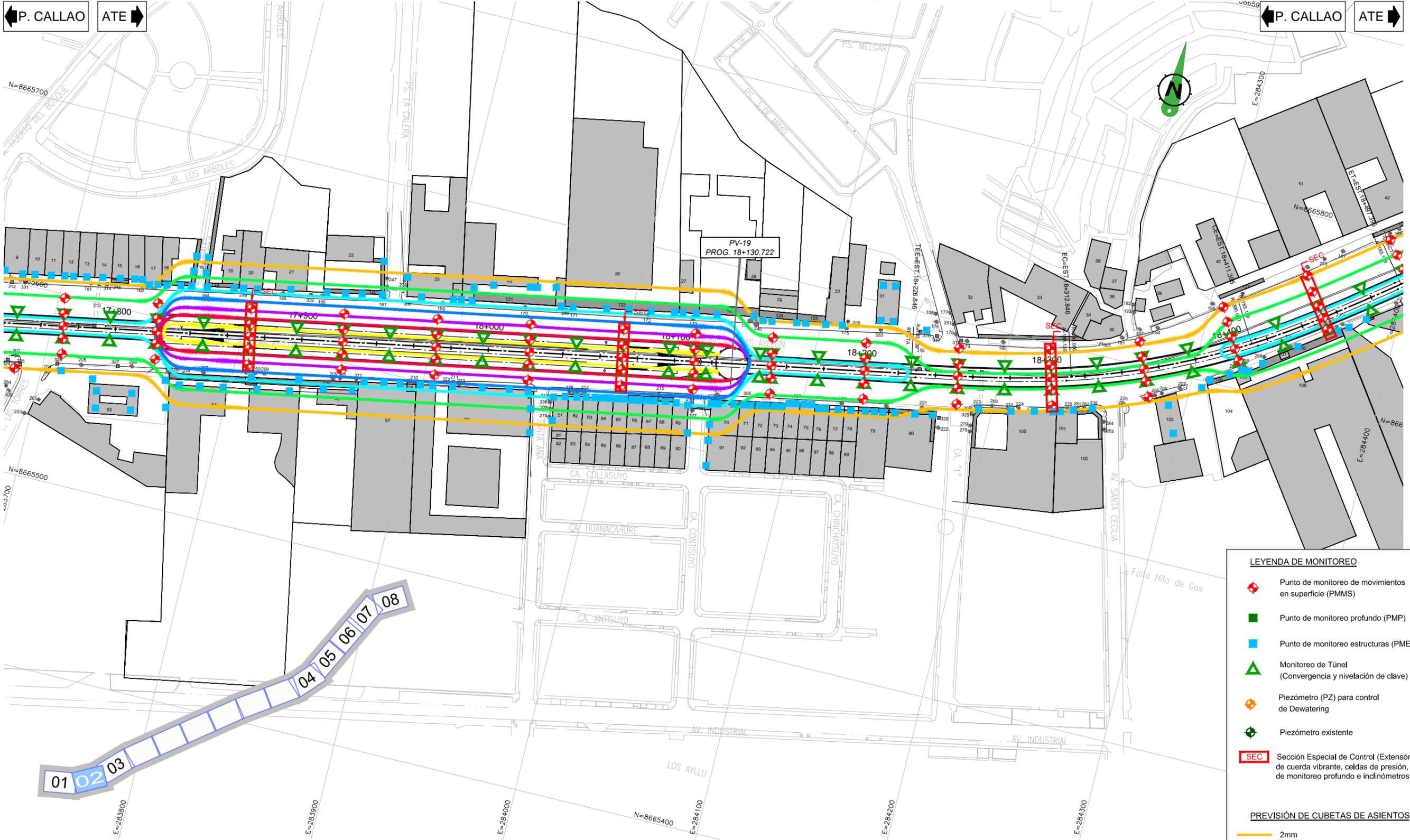
INSTRUMENTO	SECCIÓN COMPLETA	CÓDIGO	MÁXIMO VALOR REGISTRADO (mm)	VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/día)	FECHA	
INCLINOMETRO	17+875	IN178751	3.3		13/08/2019 20:00:00	
		IN178752	2.8		13/08/2019 14:00:00	
	17+625	IN176251	1.9		17/08/2019 02:00:00	
		IN176252	0.4		16/08/2019 20:00:00	
EXTENSÍMETRO DE CUERDA VIBRANTE	17+875	ECV178751LT	-4.0		12/08/2019 20:00:00	
		ECV178751LI	-7.3		12/08/2019 20:00:00	
		ECV178752LT	-42.5		12/08/2019 08:00:00	
		ECV178752LI	-27.0		15/08/2019 08:00:00	
		ECV178753LT	-287.2		16/08/2019 02:00:00	
		ECV178753LI	-62.2		12/08/2019 14:00:00	
		ECV178754LT	-105.5		16/08/2019 02:00:00	
		ECV178754LI	15.4		15/08/2019 02:00:00	
		ECV178755LT	11.3		12/08/2019 14:00:00	
	ECV178755LI	4.2		12/08/2019 20:00:00		
	17+625	ECV176252LT	-13.7		17/08/2019 08:00:00	
		ECV176252LI	-21.9		17/08/2019 02:00:00	
		ECV176253LT	10.9		12/08/2019 20:00:00	
		ECV176253LI	5.6		14/08/2019 02:00:00	
		ECV176254LT	-29.1		17/08/2019 14:00:00	
		ECV176254LI	5.2		12/08/2019 08:00:00	
	CÉLULAS DE PRESIÓN	17+875	CP178751R	-16.6		14/08/2019 02:00:00
			CP178752R	-8.3		14/08/2019 02:00:00
CP178753R			-18.1		14/08/2019 02:00:00	
CP178754R			-11.8		14/08/2019 02:00:00	
CP178755R			-12.1		14/08/2019 02:00:00	
17+625		CP176252R	-18.1		13/08/2019 02:00:00	
		CP176253R	-20.3		16/08/2019 02:00:00	
		CP176254R	-19.5		16/08/2019 08:00:00	

Fuente. APPlus

## **Anexo 2. Plano zona de monitoreo PV19**

← P. CALLAO ATE →

← P. CALLAO ATE →



**LEYENDA DE MONITOREO**

- Punto de monitoreo de movimientos en superficie (PMMS)
- Punto de monitoreo profundo (PMP)
- Punto de monitoreo estructuras (PME)
- Monitoreo de Túnel (Convergencia y nivelación de clave)
- Piezómetro (PZ) para control de Dewatering
- Piezómetro existente
- Sección Especial de Control (Extensómetros de cuerda vibrante, celdas de presión, puntos de monitoreo profundo e inclinómetros)

**PREVISIÓN DE CUBETAS DE ASIENTOS**

- 2mm
- 4mm
- 7mm
- 10mm
- 15mm
- 20mm
- 25mm

c:\1452\_pos\_ing\_etapa 1a 1b E metro lima02\_doc03-plan02\_entregables04\_tunel de linea etapa 1b\mpe-cml-01b-c-015-146-ocbra-dis-pl-4011-00.dwg - 18/10/2017 - 10:54



SOCIEDAD CONCESIONARIA  
**METRO DE LIMA**  
LÍNEA 2

Diseño:	MFP	Aprobó:	
Dibujó:	BFP		
Verificó:	BCT		
Presentó:	OML		

REVISIONES	
N°	FECHA
00	OCTUBRE 2017
	EMITIDO PARA CONSTRUCCION

Proyecto:  
"LÍNEA 2 Y RAMAL AV. FAUCETT – AV. GAMBETTA  
DE LA RED BÁSICA DEL METRO DE LIMA Y CALLAO"  
ETAPA 1B

PLANO:  
BRA. MONITOREO  
PLANTA DE AUSCULTACIÓN  
(HOJA 02 DE 08)

ESCALA:	A1 E 1:1.000 A3 E 12.000
FECHA:	OCTUBRE 2017
PLANO N°:	ML2-CML-01B-C-015-TT46 OCBRA-DIS-PL-4011-00