


	Apell.								
	Fecha								
	Apell.	MMH		R.U.P.F.		J.I.I.Q. VQ.P.		Emisión Original	BPE
	Fecha	06/07/21		04/08/21		08/08/21			
N°		ELABORÓ	FIRMA	REVISÓ	FIRMA	VALIDÓ Y APROBÓ	FIRMA	MODIFICACIONES	ESTAT.
LISTA DE DISTRIBUCION			Secretaría del Trabajo y Previsión Social				1 copia		
GOBIERNO DEL ESTADO DE COAHUILA <u>Secretaría del Trabajo y Previsión Social</u>									
COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD  Dirección Corporativa de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura Subdirección de Ingeniería y Administración de la Construcción Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil									
ESPECIFICACIONES									
PROYECTO: PASTA DE CONCHOS CONJUNTO: TÚNELES TÍTULO: SISTEMA DE AUSCULTACIÓN									
IDENTIFICACIÓN		GI-PAS-K1330-EA-DMR-EO-015					Núm. Pág.47 (Se incluye esta página)		
FECHA: 09/08/2021		No. ARCHIVO DE C.F.E.:							



1. SISTEMA DE AUSCULTACIÓN TÚNELES

1.1. ALCANCE Y CONDICIONES GENERALES

El Sistema de Auscultación tiene como finalidad contar con información cuantitativa del comportamiento de las obras civiles, verificar la calidad de la construcción, y eventualmente introducir adecuaciones al diseño o a las especificaciones de construcción para corregir con oportunidad las anomalías o desviaciones al comportamiento esperado que permitan tener estructuras seguras.

Se prevé la instalación de sistemas de medición y monitoreo en tiempo real durante la construcción y operación de las estructuras, particularmente en las excavaciones subterráneas y a cielo abierto, principalmente en los sitios asociados a estructuras geológicas plenamente identificadas, que además se considere pongan en riesgo la seguridad del personal y equipo.

1.2. Condiciones generales del suministro

En este capítulo se describen de manera enunciativa y no limitativa las características técnicas, pruebas, control de calidad y requerimientos de compra e instalación que deberán reunir los instrumentos, equipos de medición y materiales, para la implantación del Sistema de Auscultación para el rescate de mineros de la mina Pasta de Conchos.

Las presentes especificaciones fijan límites al Contratista, sobre todo en lo que corresponde a que no se deberán proporcionar productos de menor calidad de la que se está solicitando, por lo que, si ofrece un suministro diferente al solicitado, deberá ser mejor técnicamente o por lo menos equivalente.

El licitante deberá contemplar en su oferta los instrumentos, equipos y materiales para la instalación indicados en la presente especificación.

En el Catálogo de Conceptos se indican los equipos y la cantidad en que serán suministrados por parte del Contratista para su entrega recepción en el momento que así lo indique la Comisión, los cuales deberán ser nuevos y de las mismas o mejores características que las especificadas en el presente documento.

En el caso de que algún licitante proponga emplear instrumentos, equipos de medición, o materiales diferentes a los indicados en las especificaciones técnicas, deberá externarlo claramente en su propuesta, incluyendo la documentación técnica que demuestre que los instrumentos, equipos de medición o materiales propuestos, son equivalentes técnicamente o mejor a los requeridos por la Comisión. La aceptación de los instrumentos, equipos o materiales propuestos, diferentes a los especificados quedarán a juicio de la Comisión.

Los instrumentos, equipos y materiales especificados y los ofrecidos que hayan sido aceptados por la Comisión, deberán ser vigentes contractualmente y en caso de que el proveedor proponga realizar algún otro cambio, lo deberá proponer por escrito, justificando



el motivo del cambio y las ventajas para la Comisión, así como la documentación técnica que lo respalde y con el visto bueno del área técnica de la Comisión.

La inclusión en las listas y planos de instrumentos, equipos y materiales diferentes a los establecidos contractualmente, no constituye una propuesta explícita, por lo que la falta de comentarios al respecto por parte de la Comisión, no constituye una aprobación para su empleo.

1.3. Responsabilidades del Contratista

Previo a la implantación del Sistema de Auscultación, el Contratista deberá presentar el programa de instalación, basado en el programa de construcción de la Obra, el cual deberá incluir: el programa de suministro de los instrumentos, el programa de instalación, pruebas de funcionamiento, mediciones y reportes, para revisión de la Comisión.

El Contratista realizará la adquisición e importación en tiempo y forma de los instrumentos y equipos de medición, de acuerdo con estas especificaciones; y asignará los recursos necesarios para la preparación, excavación, perforación y rellenos en los sitios donde éstos serán instalados, así como el acondicionamiento, acceso, pruebas de campo de los instrumentos, la instalación de instrumentos y su protección durante el desarrollo de la obra, su medición periódica, el proceso y captura de datos, y todas las actividades de campo y de oficina que se requieran en la obra por parte de la Comisión.

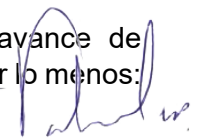
La Comisión no reconocerá al Contratista ningún costo adicional ni ampliación del plazo de ejecución de los trabajos de implantación del Sistema de Auscultación, por motivo de la no atención oportuna del suministro de los instrumentos y equipos de medición, o la instalación inoportuna de los mismos por falta de materiales, equipos, o personal calificado para la instalación.

Los trabajos de instalación de la instrumentación no serán motivo para que el Contratista reclame atrasos o interferencias. Por lo tanto, será responsabilidad del Contratista evitar las interferencias con las actividades de construcción, por lo que deberá planificar los programas de instalación con los de construcción, para liberar el tiempo necesario las zonas donde serán instalados los instrumentos.

El Contratista deberá emitir instrucciones específicas a todos sus jefes de frente y personal, para no dañar la instrumentación o sus protecciones, y será responsable del pago y reparación del daño cuando esto ocurra, incluyendo el suministro de los instrumentos dañados, los insumos y trabajos necesarios para su reinstalación.

Debido a los diferentes tipos de instrumentos y sus particularidades, el Contratista responsable de los trabajos de instalación, deberá implantar un sistema de vigilancia continua para evitar la pérdida de algún instrumento por daños a los cables de señal o al propio instrumento.

El Contratista deberá elaborar y entregar documentos que garanticen el avance de instalación con la frecuencia establecida por la Comisión, que deberán incluir por lo menos:

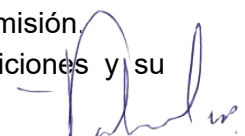


descripción de los trabajos realizados, fichas de instalación de cada instrumento (plano As-built), reporte fotográfico, pruebas de funcionamiento antes, durante y después de la instalación, certificados de calibración de los instrumentos, procedimientos aplicados, y personal que intervino en los trabajos. Así mismo, el Contratista deberá entregar una base de datos con todas las fotos y videos del proceso de verificación, instalación y medición de todos los instrumentos y equipos que conforman el Sistema de Auscultación.

Se aclara que las entregas del Contratista deben ser en forma impresa y en medios electrónicos en su formato original (Word, Excel, AutoCAD, entre otros), así como en formato PDF, a fin de que sean apropiados para su manipulación informática. Todos los documentos señalados, deben ser entregados por el Contratista sin cargo para la Comisión.

En general, se indican a continuación de forma enunciativa y no limitativa, las responsabilidades del Contratista para implantar el Sistema de Auscultación:

- Suministro, capacitación y administración de personal para la instalación de instrumentos.
- Proporcionar las oficinas, talleres, laboratorios, maquinaria, equipo y servicios necesarios para la realización de los trabajos.
- Suministro de herramienta menor, ropa de trabajo y equipo de protección personal.
- Suministro, instalación y protección de los instrumentos y equipos de medición del Sistema de Auscultación.
- Efectuar los trabajos de instalación y medición con equipos y accesorios en perfecto estado de mantenimiento y operación durante todo el proceso de construcción de las Obras, y hasta la entrega recepción del Sistema de Auscultación.
- Proporcionar las protecciones provisionales y definitivas de los instrumentos y equipos de medición para evitar daños por procesos constructivos, robo o vandalismo.
- Construir los accesos provisionales y definitivos a los instrumentos y equipos de medición para la toma de lecturas, procurando la integridad física del personal de medición.
- Reponer sin costo para la Comisión lo equipos o instrumentos siniestrados durante la construcción y hasta la entrega recepción del Sistema de Auscultación a la Comisión.
- Suministro de materiales, accesorios, equipo de cómputo, equipo auxiliar, maquinaria, equipo de transporte y demás insumos requeridos durante la construcción de las Obras, como se especifica en este documento.
- Elaboración de procedimientos de instalación y medición de instrumentos, fichas de instalación de cada instrumento (planos As-built), y memoria de instalación del Sistema de Auscultación.
- Realizar la toma de lecturas de los instrumentos con la frecuencia establecida en estas especificaciones, o con mayor frecuencia si así lo indicara la Comisión.
- Suministrar los archivos numéricos con los resultados de las mediciones y su proceso.



- Elaborar los reportes de medición de instrumentos de acuerdo a los formatos, frecuencia e indicaciones de la Comisión.
- Elaborar presentaciones y reportes para reuniones técnicas, e informar a diferentes instancias sobre el proyecto de instrumentación y su avance, cuando así lo requiera la Comisión.
- Elaborar y entregar a la Comisión un reporte mensual que contenga una descripción de los trabajos realizados durante el periodo, el avance de instalación de los instrumentos, y el resultado de las mediciones y su procesamiento representado en gráficas.

2. OBJETIVOS DEL SISTEMA DE AUSCULTACIÓN

Los objetivos del Sistema de Auscultación son los siguientes:

- a) Prevenir el desarrollo de cualquier accidente o daño a personas y equipos que pudiese relacionarse con la ejecución de las obras subterráneas.
- b) Garantizar la seguridad del entorno, detectando inestabilidad durante las excavaciones y procesos constructivos.
- c) Contar con mediciones en tiempo real que permitan implementar acciones correctivas oportunamente, tales como tratamientos adicionales o adecuaciones al proyecto.
- d) Conocer el comportamiento geotécnico estructural de las obras subterráneas de acuerdo con el diseño del revestimiento adoptado.
- e) Conocer el comportamiento de las estructuras en las zonas de fallas y zonas aledañas a estas, que se presenten durante la construcción.
- f) Inspeccionar las estructuras cuando la instrumentación indique comportamiento anormal.

3. PARÁMETROS A MEDIR

Con base en la información técnica disponible del Proyecto, fueron seleccionados los parámetros a medir para detectar una posible evolución de un proceso de falla de las estructuras, contemplando las siguientes variables:

3.1. *Parámetros a medir en portales, rampas de acceso y galerías*

- Asentamientos en superficie mediante extensómetros y referencias topográficas.
- Desplazamientos laterales del terreno en zona de portales de acceso a túneles, a través de inclinómetros.
- Desplazamientos al interior de los túneles en la bóveda y muros, principalmente en zonas de fallas geológicas importantes, mediante extensómetros de cuerda vibrante.
- Esfuerzos totales sobre el revestimiento de los túneles, principalmente en zonas de falla mediante celdas de presión.



- Deformaciones en el revestimiento de los túneles con el empleo de líneas de convergencias, para evaluar el desempeño de los tratamientos de estabilización.
- Niveles de agua en zonas de falla dentro de los túneles, presencia de mantos acuíferos y variaciones en el nivel freático a diferentes estratos, mediante piezómetros de cuerda vibrante.

4. TIPO, CANTIDAD Y UBICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

La selección, cantidad y ubicación de los instrumentos, se definió en función del tipo, dimensiones y geometría de las estructuras, así como de la topografía del sitio y la información geológica disponible. El Sistema de Auscultación propuesto pretende vigilar las zonas consideradas de mayor interés para evaluar el comportamiento y seguridad de las estructuras, obteniendo valores cuantitativos y representativos de los parámetros a medir.

En los siguientes incisos se comenta brevemente cada tipo de instrumento, los parámetros que se evaluarán con ellos y los sitios donde serán instalados; mientras que en las Tablas correspondientes se presenta la cantidad de instrumentos. La ubicación de los instrumentos se detalla en los planos correspondientes.

4.1. INSTRUMENTACIÓN EN PORTAL DE ENTRADA Y SUPERFICIE

4.1.1. Sistema de monitoreo topográfico

Consiste en utilizar procedimientos topográficos para conocer los movimientos en superficie que se manifiesten por efecto de la construcción de las obras subterráneas, principalmente en los cortes de los portales de entrada a los túneles y sobre el trazo del eje de los túneles. El control de estos desplazamientos pondrá de manifiesto el comportamiento real del terreno.

El sistema de monitoreo topográfico estará integrado por bancos de nivel y referencias superficiales, y el control se realizará mediante niveles topográficos de precisión.

4.1.1.1. Bancos de nivel

Son puntos fijos de control utilizados para trasladar elevaciones “cotas” a los sitios de estudio o instrumentos que lo requieran, determinando de esta forma posibles asentamientos. Serán ubicados en lugares estables y firmes.

En total se prevé instalar en el proyecto 4 bancos de nivel.

Tabla 1. Bancos de nivel

INSTRUMENTO	NOMBRE	PROFUNDIDAD	LOCALIZACIÓN	ESTE	NORTE	OBSERVACIONES
Banco de nivel	BNPS-1	30 m	Portal de acceso	270274.266	3094760.884	La cota inicial será asignada una vez concluida la instalación de los instrumentos.
Banco de nivel	BNPS-2	30 m	Portal de acceso	270384.629	3094768.164	
Banco de nivel	BNPS-3	30 m	Eje túnel acceso (0+575 superficie)	270403.606	3094230.476	
Banco de nivel	BNPS-4	30 m	Eje túnel ventilación (0+575 superficie)	270451.832	3094239.700	
Total de bancos de nivel						4

Tabla 2 Extensómetro lineal de cuerda vibrante para Bancos de nivel

INSTRUMENTO	NOMBRE	PROFUNDIDAD	CARRERA	ESTE	NORTE	OBSERVACIONES
Extensómetro	EXTBNPS-1	Superficial	150 mm	270306.947	3094690.665	ESTOS INSTRUMENTOS SON COMPLEMENTARIOS A LOS BANCOS DE NIVEL
	EXTBNPS-2	Superficial	150 mm	270338.616	3094684.534	
	EXTBNPS-3	Superficial	150 mm			
	EXTBNPS-4	Superficial	150 mm	270362.643	3094698.844	
Total						4

4.1.1.2. Referencias topográficas

Constituyen el método más simple para medir los asentamientos. Se instalan en superficie y se miden los cambios de nivel respecto a los bancos de nivel.

La medición de las referencias topográficas se realizará mediante nivel de alta precisión dotado de micrómetro. Las medidas se referenciarán a los bancos de nivelación instalados. Estos últimos son necesarios como referencia para determinar el valor absoluto de las variaciones de las cotas relativas obtenidas en los diversos elementos de nivelación.

Tabla 3. Referencias topográficas Portal de Acceso

INSTRUMENTO	NOMBRE	LOCALIZACIÓN	ESTE	NORTE	OBSERVACIONES
Referencias Superficiales	RP-1	PORTAL ACCESO	270283.094	3094707.103	La cota inicial se dará una vez concluida la instalación de los instrumentos.
	RP-2	PORTAL ACCESO	270289.772	3094684.729	
	RP-3	PORTAL ACCESO	270296.302	3094660.609	
	RP-4	PORTAL ACCESO	270302.793	3094636.498	
	RP-5	PORTAL ACCESO	270309.326	3094612.342	
	RP-6	PORTAL ACCESO	270319.225	3094586.502	
	RP-7	PORTAL ACCESO	270345.008	3094580.29	

	RP-8	PORTAL ACCESO	270369.577	3094584.955	
	RP-9	PORTAL ACCESO	270393.306	3094601.105	
	RP-10	PORTAL ACCESO	270390.741	3094628.23	
	RP-11	PORTAL ACCESO	270384.432	3094652.411	
	RP-12	PORTAL ACCESO	270378.263	3094676.446	
	RP-13	PORTAL ACCESO	270371.936	3094700.82	
Total de referencias topográficas					13

Tabla 4. Referencias topográficas RA

INSTRUMENTO	NOMBRE	LOCALIZACIÓN	CAD.	ESTE	NORTE	OBSERVACIONES
Referencias Superficiales	RA-1	EJE-ACCESO	0+250	270343.703	3094548.05	La cota inicial se dará una vez concluida la instalación de los instrumentos.
	RA-2	EJE-ACCESO	0+300	270350.577	3094498.525	
	RA-3	EJE-ACCESO	0+350	270357.968	3094448.379	
	RA-4	EJE-ACCESO	0+400	270367.36	3094399.269	
	RA-5	EJE-ACCESO	0+450	270376.752	3094350.159	
	RA-6	EJE-ACCESO	0+500	270386.144	3094301.049	
	RA-7	EJE-ACCESO	0+550	270395.536	3094251.939	
Total de referencias topográficas						7

Tabla 5. Referencias topográficas RB

INSTRUMENTO	NOMBRE	LOCALIZACIÓN	CAD.	ESTE	NORTE	OBSERVACIONES
Referencias Superficiales	RB-1	PILAR CENTRAL	0+250	270364.28	3094551.399	La cota inicial se dará una vez concluida la instalación de los instrumentos.
	RB-2	PILAR CENTRAL	0+300	270373.671	3094502.289	
	RB-3	PILAR CENTRAL	0+350	270383.063	3094453.179	
	RB-4	PILAR CENTRAL	0+400	270392.455	3094404.069	
	RB-5	PILAR CENTRAL	0+450	270401.847	3094354.959	
	RB-6	PILAR CENTRAL	0+500	270411.239	3094305.849	
	RB-7	PILAR CENTRAL	0+550	270420.631	3094256.739	
Total de referencias topográficas						7

Tabla 6. Referencias topográficas RC

INSTRUMENTO	NOMBRE	LOCALIZACIÓN	CAD.	ESTE	NORTE	OBSERVACIONES
Referencias Superficiales	RC-1	EJE-VENTILACIÓN	0+250	270382.47	3094555.396	La cota inicial se dará una vez concluida la instalación de los instrumentos.
	RC-2	EJE-VENTILACIÓN	0+300	270394.458	3094506.841	
	RC-3	EJE-VENTILACIÓN	0+350	270406.194	3094457.603	
	RC-4	EJE-VENTILACIÓN	0+400	270415.586	3094408.493	
	RC-5	EJE-VENTILACIÓN	0+450	270424.978	3094359.383	
	RC-6	EJE-VENTILACIÓN	0+500	270434.37	3094310.273	
	RC-7	EJE-VENTILACIÓN	0+550	270443.762	3094261.163	
Total de referencias topográficas						7

Tabla 7. Referencias topográficas ramal oriente

INSTRUMENTO	CANTIDAD					OBSERVACIONES
Referencias Superficiales	12	Ramal oriente	superficial			
	6	Ramal poniente	superficial			
Total de referencias topográficas						Referencia de concreto 18

4.1.2. Inclinómetros

El perfil de desplazamientos laterales del terreno inducidos por la construcción del portal de acceso a los túneles, podrá ser medido mediante inclinómetros instalados en barrenos verticales. La magnitud y forma del perfil de desplazamientos serán indicadores del nivel de seguridad de la estructura.

El instrumento consta de la tubería inclinométrica instalada en el barreno, sonda de medición, cable de control y unidad de lectura. La tubería inclinométrica posee en su interior dos pares de ranuras que forman dos ejes perpendiculares a lo largo de la tubería, que sirven para guiar la sonda de medición.

En la tubería inclinométrica se introduce la sonda para medir la geometría inicial de la tubería. La sonda está dotada de un sensor que mide la inclinación debida al movimiento horizontal. La sonda está conectada mediante un cable acoplado a un carrete que transmite las mediciones a la unidad de lectura.

Tabla 8. Inclínómetros verticales Portal de Acceso

INSTRUMENTO	NOMBRE	PROFUNDIDAD	LOCALIZACIÓN	ESTE	NORTE	OBSERVACIONES
Inclínómetros	IN-1	30 m	PORTAL ACCESO	270306.947	3094690.665	
	IN-2	30 m	PORTAL ACCESO	270338.616	3094684.534	
	IN-3	30 m	PORTAL ACCESO	270362.643	3094698.844	
Total de inclinómetros						3

Tabla 9 Inclínómetros verticales Portal de Acceso

INSTRUMENTO	OBSERVACIONES
Sistema de medición para inclinómetros	Unidad de adquisición de datos
	Carrete de comunicación y control de profundidad
	Sonda
	Software para proceso y análisis
Total	1

4.1.3. Extensómetros de barras múltiples

Los movimientos verticales originados por los procesos de excavación de las obras subterráneas, serán monitoreados mediante la instalación de extensómetros de barras, con puntos de medición a diferentes profundidades.

Estos instrumentos constarán con un cabezal mixto para medición electrónica y arreglo para toma de lecturas manuales, para vigilar las posibles alteraciones que las excavaciones generen.

Tabla 10. Extensómetro de barras múltiples

INSTRUMENTO	NOMBRE	LOCALIZACIÓN	ESTE	NORTE	OBSERVACIONES
Extensómetro de barras múltiples	EXT-AC1	EJE-ACCESO (superficie)	270357.618	3094519.694	Con tres barras (9, 18 y 27 m).
Extensómetro de barras múltiples	EXT-VE-1	EJE-VENTILACIÓN (superficie)	270381.763	3094524.321	Con tres barras de (9, 18 y 27 m).
Extensómetro de barras múltiples	EXT-PE-1	Portal de entrada			Con tres barras de (9, 18 y 27 m).
Extensómetro de barras múltiples	EXT-PE-2	Portal de entrada			Con tres barras de (9, 18 y 27 m).
Extensómetro de barras múltiples	EXT-PE-3	Portal de entrada			Con tres barras de (9, 18 y 27 m).

Total de extensómetros de barras multipunto por instalar	5
--	---

Tabla 11 cabezal de cuerda vibrante para extensómetro de barra

INSTRUMENTO	NOMBRE	LOCALIZACIÓN	ESTE	NORTE	
Cabeza con 4 sensores de cuerda vibrante	EXT-AC1	EJE-ACCESO	270357.618	3094519.694	
Cabeza con 4 sensores de cuerda vibrante	EXT-VE-1	EJE-VENTILACIÓN	270381.763	3094524.321	
Extensómetro de barras múltiples	EXT-PE-1	Portal de entrada			
Extensómetro de barras múltiples	EXT-PE-2	Portal de entrada			
Extensómetro de barras múltiples	EXT-PE-3	Portal de entrada			
Total de					5

4.2. INSTRUMENTACIÓN EN RAMPAS DE ACCESO Y VENTILACIÓN

4.2.1. Extensómetros multipunto

En las excavaciones que se realizarán en el macizo rocoso para las rampas de acceso se efectuarán tratamientos para asegurar su estabilidad, que dependerán de las condiciones de la roca y las familias de discontinuidades que definan bloques con posibilidad de movimiento. Para auscultar esos bloques y vigilar la eficiencia de los tratamientos se instalarán extensómetros eléctricos multipunto con tres puntos de medición de acuerdo a lo indicado en el proyecto de instrumentación.

La ubicación definitiva de esta instrumentación se realizará conforme al modelo geológico-geotécnico y al avance de la construcción.

Tabla 12. Extensómetros multipunto eléctricos en la Rampa de Acceso y Ventilación

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN CADENAMIENTO	EXT-1		EXT-2			EXT-3	
		B-1	B-2	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2
Extensómetros multipunto eléctricos	0+165	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
	0+395	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m

	0+490	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
	0+575	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
	0+595	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
	0+640	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
	0+800	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
	0+823	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
	0+850	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
Total de EXT multipunto de 3 y 6 m							Acceso: 18 pza Ventilación: 18 pza 36 pza	
Total de EXT multipunto de 3, 5 y 9m							Acceso: 9 pza Ventilación: 9 pza 18 pza	

4.2.2. Celdas de presión

En el revestimiento de los túneles se debe comprobar el grado de correspondencia entre los esfuerzos a los que estará sometido después de su puesta en obra con las previsiones teóricas consideradas en fase de proyecto.

Las celdas de presión permiten determinar las presiones radiales actuantes sobre el revestimiento del túnel. Miden la presión total ejercida sobre ellas por el terreno y el agua.

Tabla 13. Celdas de presión radial y tangencial en la Rampa de Acceso y Ventilación

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN CADENAMIENTO	CP-1	CP-2	CP-3
		RADIAL	RADIAL	RADIAL
Celdas de presión radial y tangencial	0+165	2 MPa	7 MPa	2 MPa
	0+395	2 MPa	7 MPa	2 MPa
	0+490	2 MPa	7 MPa	2 MPa
	0+575	2 MPa	7 MPa	2 MPa
	0+595	2 MPa	7 MPa	2 MPa
	0+640	2 MPa	7 MPa	2 MPa
	0+800	2 MPa	7 MPa	2 MPa
	0+823	2 MPa	7 MPa	2 MPa
	0+850	2 MPa	7 MPa	2 MPa

	Total de CP (2 Mpa)	Acceso: 18 pza Ventilación: 18 pza 36 pza
	Total de CP (7 Mpa)	Acceso: 9 pza Ventilación: 9 pza 18 pza

4.2.3. Sistema de medición de convergencias

En las excavaciones en túnel es habitual medir la convergencia que se produce durante el proceso de construcción y relacionar esta magnitud con las cargas y los coeficientes de seguridad.

La medición de convergencia en diferentes secciones de los túneles se realizará mediante dos sistemas redundantes; medición de convergencia mediante dianas topográficas, y medición de convergencias mediante pernos y extensómetro de cinta.

Se considera la instalación de 25 secciones en la rampa de acceso y 25 en la rampa de ventilación, que se definirán en sitio de acuerdo a las condiciones geológicas que se presenten durante construcción.

4.2.3.1. Sistema de medición de convergencias mediante dianas topográficas

Para la medición de convergencias en el interior del túnel se instalarán 5 dianas en cada sección de control. Las medidas se tomarán con una estación total que estará colocada en un punto fijo que pueda tener una visual con cada una de las dianas.

La medición de la convergencia consiste básicamente en el control del cambio de longitud de las cinco cuerdas (AB, BC, AC, DC, EB) entre las cinco dianas (A, B, C, D, E) en las secciones de control.

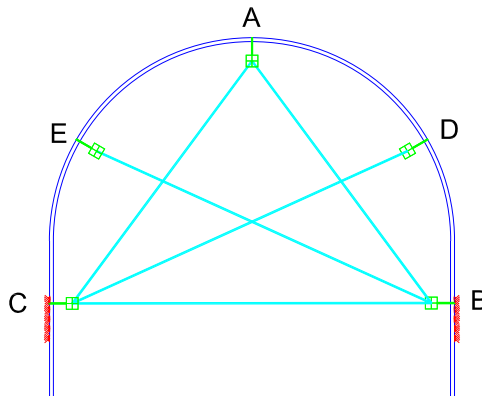


Figura 1. Esquema de medición de convergencias con dianas reflectantes

Debido a que la medición de la convergencia sólo informa del movimiento relativo entre dos elementos, será necesario disponer de referencias topográficas fijas, lo suficientemente alejadas de la zona de influencia, como para medir movimientos absolutos. Habrá que comprobar que las deformaciones inducidas en el revestimiento por los empujes del terreno no sobrepasan los límites de referencia.

Tabla 14. Convergencias en túnel de acceso y ventilación, dianas reflectantes

INSTRUMENTO	RAMPA DE ACCESO		RAMPA DE VENTILACIÓN	
	SECCIÓN	ARMELLAS	SECCIÓN	ARMELLAS
Secciones de medición de convergencias en túneles de acceso y ventilación, dianas reflectantes.	0+165	5 piezas	0+165	5 piezas
	0+200	5 piezas	0+200	5 piezas
	0+240	5 piezas	0+240	5 piezas
	0+300	5 piezas	0+300	5 piezas
	0+350	5 piezas	0+350	5 piezas
	0+395	5 piezas	0+395	5 piezas
	0+440	5 piezas	0+440	5 piezas
	0+488	5 piezas	0+488	5 piezas
	0+535	5 piezas	0+535	5 piezas
	0+575	5 piezas	0+575	5 piezas
	0+595	5 piezas	0+595	5 piezas
	0+640	5 piezas	0+640	5 piezas
	0+700	5 piezas	0+700	5 piezas
	0+750	5 piezas	0+750	5 piezas
	0+800	5 piezas	0+800	5 piezas
	0+823	5 piezas	0+823	5 piezas
	0+850	5 piezas	0+850	5 piezas
	0+900	5 piezas	0+900	5 piezas
	0+950	5 piezas	0+950	5 piezas
	1+000	5 piezas	1+000	5 piezas
1+050	5 piezas	1+050	5 piezas	
1+100	5 piezas	1+100	5 piezas	
1+150	5 piezas	1+150	5 piezas	
1+215	5 piezas	1+215	5 piezas	
1+250	5 piezas	1+250	5 piezas	

Total de secciones de medición de convergencias con dianas reflectantes	50
Total de puntos de medición con dianas reflectantes por instalar	250

4.2.3.2. Sistema de medición de convergencias mediante extensómetro de cinta

Como sistema redundante a las dianas de convergencias, se instalará un sistema de pernos para medir la convergencia mediante un extensómetro de cinta, con cinco puntos de control por cada sección. Se considera la instalación de 50 secciones, que se definirán de acuerdo al proyecto de instrumentación y a las condiciones geológicas que se presenten durante construcción.

Tabla 15. Convergencias en túnel de acceso y ventilación, extensómetro de cinta

INSTRUMENTO	RAMPA DE ACCESO		RAMPA DE VENTILACIÓN	
	SECCIÓN	ARMELLAS	SECCIÓN	ARMELLAS
Secciones de medición de convergencias en túneles de acceso y ventilación, extensómetro de cinta.	0+165	5 piezas	0+165	5 piezas
	0+200	5 piezas	0+200	5 piezas
	0+240	5 piezas	0+240	5 piezas
	0+300	5 piezas	0+300	5 piezas
	0+350	5 piezas	0+350	5 piezas
	0+395	5 piezas	0+395	5 piezas
	0+440	5 piezas	0+440	5 piezas
	0+488	5 piezas	0+488	5 piezas
	0+535	5 piezas	0+535	5 piezas
	0+575	5 piezas	0+575	5 piezas
	0+595	5 piezas	0+595	5 piezas
	0+640	5 piezas	0+640	5 piezas
	0+700	5 piezas	0+700	5 piezas
	0+750	5 piezas	0+750	5 piezas
	0+800	5 piezas	0+800	5 piezas
	0+823	5 piezas	0+823	5 piezas
	0+850	5 piezas	0+850	5 piezas
	0+900	5 piezas	0+900	5 piezas
	0+950	5 piezas	0+950	5 piezas
	1+000	5 piezas	1+000	5 piezas



	1+050	5 piezas	1+050	5 piezas
	1+100	5 piezas	1+100	5 piezas
	1+150	5 piezas	1+150	5 piezas
	1+215	5 piezas	1+215	5 piezas
	1+250	5 piezas	1+250	5 piezas
Total de secciones de medición de convergencias con extensómetro de cinta				50
Total de puntos de medición con armellas por instalar				250

4.2.4. Referencias topográficas

Constituyen el método más simple para medir los asentamientos. Se instalan en superficie y se miden los cambios de nivel respecto a los bancos de nivel.

La medición de las referencias topográficas se realizará mediante nivel de alta precisión dotado de micrómetro. Las medidas se referenciarán a los bancos de nivelación instalados. Estos últimos son necesarios como referencia para determinar el valor absoluto de las variaciones de las cotas relativas obtenidas en los diversos elementos de nivelación.

Tabla 16. Referencias topográficas ramal oriente

INSTRUMENTO	CANTIDAD					OBSERVACIONES
Referencias Superficiales	45	Interior del túnel acceso y ventilación	Para piso Interior del túnel			
Total de referencias topográficas						45

4.2.5. Piezómetros eléctricos

Estos instrumentos son de utilidad para proporcionar los valores de presión de poro en distintos puntos de interés para las estructuras, y para evaluar los sitios que requieren ser abatidos y cuales generan subpresión.

Los piezómetros eléctricos se colocarán dentro de las zonas de falla que cruzan con los túneles, y se instalarán también en zonas donde la roca no presente fracturas.

Los piezómetros en zonas de falla, permitirán conocer la carga hidrostática sobre el revestimiento y su variación estacional, valor que se comparará con el valor de nivel piezométrico en la matriz de la roca.

Tabla 17. Piezómetros eléctricos en túnel de acceso y ventilación

INSTRUMENTO	RAMPA DE ACCESO		RAMPA DE VENTILACIÓN	
	SECCIÓN	PZE	SECCIÓN	PZE
Piezómetro eléctrico. El sensor será instalado 5 m por debajo de la plantilla del túnel, dentro de un barreno de 3 pulgadas de diámetro.	0+170	1 pieza	0+170	1 pieza
	0+240	1 pieza	0+240	1 pieza
	0+390	1 pieza	0+390	1 pieza
	0+600	1 pieza	0+600	1 pieza
Total de piezómetros eléctrico por instalar				8

4.3. INSTRUMENTACIÓN EN GALERÍAS DE APROXIMACIÓN Y CONEXIONES

4.3.1. Extensómetros multipunto

Para vigilar la eficiencia de los tratamientos en las excavaciones de las galerías de aproximación y conexiones se instalarán extensómetros eléctricos multipunto con tres puntos de medición de acuerdo a lo indicado en el proyecto de instrumentación.

La ubicación definitiva de esta instrumentación se realizará conforme al modelo geológico-geotécnico y al avance de la construcción.

Tabla 18. Extensómetros multipunto eléctrico en Galería de Aproximación, Acceso Ramal 1

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN CADENAMIENTO	EXT-1		EXT-2			EXT-3	
		B-1	B-2	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2
Extensómetros multipunto eléctricos	0+705	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
	0+950	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
Total de extensómetros multipunto eléctricos por instalar							6	

Tabla 19. Extensómetros multipunto eléctrico en Galería de Aproximación, Ventilación Ramal 1

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN CADENAMIENTO	EXT-1		EXT-2			EXT-3	
		B-1	B-2	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2
Extensómetros multipunto eléctricos	0+705	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
	0+950	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m

Total de extensómetros multipunto eléctricos por instalar	6
---	---

Tabla 20. Extensómetros multipunto eléctrico en Galería de Aproximación, Acceso Ramal 2 Poniente

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN CADENAMIENTO	EXT-1		EXT-2			EXT-3	
		B-1	B-2	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2
Extensómetros multipunto eléctricos	0+225	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
	0+275	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
Total de extensómetros multipunto eléctricos por instalar							6	

Tabla 21. Extensómetros multipunto eléctrico en Galería de Aproximación, Ventilación Ramal 2 Poniente

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN CADENAMIENTO	EXT-1		EXT-2			EXT-3	
		B-1	B-2	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2
Extensómetros multipunto eléctricos	0+225	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
	0+275	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
Total de extensómetros multipunto eléctricos por instalar							6	

Tabla 22. Extensómetros multipunto eléctrico en Galería de Aproximación, Acceso Ramal 2 Oriente

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN CADENAMIENTO	EXT-1		EXT-2			EXT-3	
		B-1	B-2	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2
Extensómetros multipunto eléctricos	0+705	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
	0+950	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
Total de extensómetros multipunto eléctricos por instalar							6	

Tabla 23. Extensómetros multipunto eléctrico en Galería de Aproximación, Acceso Ramal 2 Oriente

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN CADENAMIENTO	EXT-1		EXT-2			EXT-3	
		B-1	B-2	B-1	B-2	B-3	B-1	B-2
Extensómetros multipunto eléctricos	0+705	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
	0+950	3 m	6 m	3 m	6 m	9 m	3 m	6 m
Total de extensómetros multipunto eléctricos por instalar							6	

Tabla 24. Extensómetros multipunto eléctrico en Conexiones

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN CONEXIÓN	EXT-2		
		B-1	B-2	B-3
Extensómetros multipunto eléctricos.	Cx1R2	3 m	6 m	9 m
	Cx2R2	3 m	6 m	9 m
	Cx3R2	3 m	6 m	9 m
	Cx5R2	3 m	6 m	9 m
	Cx6R2	3 m	6 m	9 m
	Cx7R2	3 m	6 m	9 m
	Cx8R2	3 m	6 m	9 m
	Cx9R2	3 m	6 m	9 m
	Cx10R2	3 m	6 m	9 m
	Cx11R2	3 m	6 m	9 m
	Cx12R2	3 m	6 m	9 m
	Cx13R2	3 m	6 m	9 m
	Cx14R2	3 m	6 m	9 m
	Cx15R2	3 m	6 m	9 m
	Cx16R2	3 m	6 m	9 m
	Cx17R2	3 m	6 m	9 m
	Cx18R2	3 m	6 m	9 m
	Cx19R1	3 m	6 m	9 m
	Cx1R1	3 m	6 m	9 m
	Cx2R2	3 m	6 m	9 m
	Cx4R1	3 m	6 m	9 m
	Cx5R1	3 m	6 m	9 m
	Cx1R3	3 m	6 m	9 m
	Cx2R3	3 m	6 m	9 m
	Cx5R3	3 m	6 m	9 m
	Cx6R3	3 m	6 m	9 m
	Cx7R3	3 m	6 m	9 m
Total de extensómetros multipunto eléctricos por instalar		27		

4.3.2. Sistema de medición de convergencias

La medición de deformaciones del revestimiento en diferentes secciones de las galerías de aproximación y conexiones se realizará mediante dos sistemas redundantes; medición de convergencia mediante dianas topográficas, y medición de convergencias mediante pernos y extensómetro de cinta.

Tabla 25. Secciones de medición de convergencias en Galerías de Aproximación, Acceso Ramal 1, dianas reflectantes y convergencias

INSTRUMENTO	GALERÍA DE APROXIMACIÓN, ACCESO RAMAL 1		
	LOCALIZACIÓN	DIANAS RFLLECTANTES	ARMELLAS
Secciones de medición de convergencias, dianas reflectantes y extensómetro de cinta	0+500	5 piezas	5 piezas
	0+550	5 piezas	5 piezas
	0+600	5 piezas	5 piezas
	0+650	5 piezas	5 piezas
	0+700	5 piezas	5 piezas
	0+750	5 piezas	5 piezas
	0+800	5 piezas	5 piezas
	0+850	5 piezas	5 piezas
	0+900	5 piezas	5 piezas
	0+950	5 piezas	5 piezas
Total de puntos de medición con dianas reflectantes por instalar		10 secciones 50 puntos	
Total de puntos de medición con armellas por instalar		10 secciones 50 puntos	

Tabla 26. Secciones de medición de convergencias en Galerías de Aproximación, Ventilación Ramal 1, dianas reflectantes y extensómetro de cinta

INSTRUMENTO	GALERÍA DE APROXIMACIÓN, VENTILACIÓN RAMAL 1		
	LOCALIZACIÓN	DIANAS RFLLECTANTES	ARMELLAS
Secciones de medición de convergencias, dianas reflectantes y extensómetro de cinta	0+500	5 piezas	5 piezas
	0+550	5 piezas	5 piezas
	0+600	5 piezas	5 piezas
	0+650	5 piezas	5 piezas
	0+700	5 piezas	5 piezas



	0+750	5 piezas	5 piezas
	0+800	5 piezas	5 piezas
	0+850	5 piezas	5 piezas
	0+900	5 piezas	5 piezas
	0+950	5 piezas	5 piezas
Total de puntos de medición con dianas reflectantes por instalar			10 secciones 50 puntos
Total de puntos de medición con armellas por instalar			10 secciones 50 puntos

Tabla 27. Secciones de medición de convergencias en Galerías de Aproximación, Acceso Ramal 2 Poniente, dianas reflectantes y extensómetro de cinta

INSTRUMENTO	GALERÍA DE APROXIMACIÓN, ACCESO RAMAL 2 PONIENTE		
	LOCALIZACIÓN	DIANAS RFLLECTANTES	ARMELLAS
Secciones de medición de convergencias, dianas reflectantes y extensómetro de cinta	0+150	5 piezas	5 piezas
	0+200	5 piezas	5 piezas
	0+250	5 piezas	5 piezas
	0+300	5 piezas	5 piezas
	0+350	5 piezas	5 piezas
	0+400	5 piezas	5 piezas
	0+450	5 piezas	5 piezas
Total de puntos de medición con dianas reflectantes por instalar			7 secciones 35 puntos
Total de puntos de medición con armellas por instalar			7 secciones 35 puntos

Tabla 28. Secciones de medición de convergencias en Galerías de Aproximación, Ventilación Ramal 2 Poniente, dianas reflectantes y extensómetro de cinta

INSTRUMENTO	GALERÍA DE APROXIMACIÓN, VENTILACIÓN RAMAL 2 PONIENTE		
	LOCALIZACIÓN	DIANAS RFLLECTANTES	ARMELLAS
Secciones de medición de convergencias, dianas reflectantes y extensómetro de cinta	0+150	5 piezas	5 piezas
	0+200	5 piezas	5 piezas
	0+250	5 piezas	5 piezas
	0+300	5 piezas	5 piezas
	0+350	5 piezas	5 piezas
	0+400	5 piezas	5 piezas

	0+450	5 piezas	5 piezas
Total de puntos de medición con dianas reflectantes por instalar		7 secciones 35 puntos	
Total de puntos de medición con armellas por instalar		7 secciones 35 puntos	

Tabla 29. Secciones de medición de convergencias en Galerías de Aproximación, Acceso Ramal 2 Oriente, dianas reflectantes y extensómetro de cinta

INSTRUMENTO	GALERÍA DE APROXIMACIÓN, ACCESO RAMAL 2 ORIENTE		
	LOCALIZACIÓN	DIANAS REFLECTANTES	ARMELLAS
Secciones de medición de convergencias, dianas reflectantes y extensómetro de cinta	0+500	5 piezas	5 piezas
	0+550	5 piezas	5 piezas
	0+600	5 piezas	5 piezas
	0+650	5 piezas	5 piezas
	0+700	5 piezas	5 piezas
	0+750	5 piezas	5 piezas
	0+800	5 piezas	5 piezas
	0+850	5 piezas	5 piezas
	0+900	5 piezas	5 piezas
	0+950	5 piezas	5 piezas
Total de puntos de medición con dianas reflectantes por instalar		10 secciones 50 puntos	
Total de puntos de medición con armellas por instalar		10 secciones 50 puntos	

Tabla 30. Secciones de medición de convergencias en Galerías de Aproximación, Ventilación Ramal 2 Oriente, dianas reflectantes y extensómetro de cinta

INSTRUMENTO	GALERÍA DE APROXIMACIÓN, VENTILACIÓN RAMAL 2 ORIENTE		
	LOCALIZACIÓN	DIANAS REFLECTANTES	ARMELLAS
Secciones de medición de convergencias, dianas reflectantes y extensómetro de cinta	0+500	5 piezas	5 piezas
	0+550	5 piezas	5 piezas
	0+600	5 piezas	5 piezas
	0+650	5 piezas	5 piezas
	0+700	5 piezas	5 piezas
	0+750	5 piezas	5 piezas
	0+800	5 piezas	5 piezas

	0+850	5 piezas	5 piezas
	0+900	5 piezas	5 piezas
	0+950	5 piezas	5 piezas
Total de puntos de medición con dianas reflectantes por instalar			10 secciones 50 puntos
Total de puntos de medición con armellas por instalar			10 secciones 50 puntos

Tabla 31. Secciones de medición de convergencias en Conexiones, dianas reflectantes y extensómetro de cinta

INSTRUMENTO	LOCALIZACIÓN	DIANAS RFLLECTANTES	ARMELLAS
Secciones de medición de convergencias en conexiones. Dianas reflectantes y extensómetro de cinta	Cx1R2	5 piezas	5 piezas
	Cx2R2	5 piezas	5 piezas
	Cx3R2	5 piezas	5 piezas
	Cx5R2	5 piezas	5 piezas
	Cx6R2	5 piezas	5 piezas
	Cx7R2	5 piezas	5 piezas
	Cx8R2	5 piezas	5 piezas
	Cx9R2	5 piezas	5 piezas
	Cx10R2	5 piezas	5 piezas
	Cx11R2	5 piezas	5 piezas
	Cx12R2	5 piezas	5 piezas
	Cx13R2	5 piezas	5 piezas
	Cx14R2	5 piezas	5 piezas
	Cx15R2	5 piezas	5 piezas
	Cx16R2	5 piezas	5 piezas
	Cx17R2	5 piezas	5 piezas
	Cx18R2	5 piezas	5 piezas
	Cx19R1	5 piezas	5 piezas
	Cx1R1	5 piezas	5 piezas
	Cx2R2	5 piezas	5 piezas
Cx4R1	5 piezas	5 piezas	
Cx5R1	5 piezas	5 piezas	
Cx1R3	5 piezas	5 piezas	

	Cx2R3	5 piezas	5 piezas
	Cx5R3	5 piezas	5 piezas
	Cx6R3	5 piezas	5 piezas
	Cx7R3	5 piezas	5 piezas
Total de puntos de medición con dianas reflectantes por instalar			27 secciones, 135 puntos
Total de puntos de medición con armellas por instalar			27 secciones, 135 puntos

4.3.3. Piezómetros eléctricos

Los piezómetros eléctricos proporcionarán información en zonas específicas de las galerías de aproximación y conexiones, para detectar la presencia de mantos acuíferos o variaciones en los niveles piezométricos.

Tabla 32. Piezómetros eléctricos en Galería de Aproximación, Acceso y Ventilación Ramal 1

INSTRUMENTO	ACCESO		VENTILACIÓN	
	SECCIÓN	PZE	SECCIÓN	PZE
Piezómetro eléctrico.	0+700	1 pieza	0+950	1 pieza
Total de piezómetros eléctrico por instalar				2

Tabla 33. Piezómetros eléctricos en Galería de Aproximación, Acceso y Ventilación Ramal 2 Poniente

INSTRUMENTO	ACCESO		VENTILACIÓN	
	SECCIÓN	PZE	SECCIÓN	PZE
Piezómetro eléctrico.	0+225	1 pieza	0+400	1 pieza
Total de piezómetros eléctrico por instalar				2

Tabla 34. Piezómetros eléctricos en Galería de Aproximación, Acceso y Ventilación Ramal 2 Oriente

INSTRUMENTO	ACCESO		VENTILACIÓN	
	SECCIÓN	PZE	SECCIÓN	PZE

Piezómetro eléctrico.	0+600	1 pieza	0+900	1 pieza
Total de piezómetros eléctrico por instalar				2

Tabla 35. Piezómetros eléctricos en conexiones

INSTRUMENTO	CONEXIONES	
	CONEXIÓN	PZE
Piezómetro eléctrico.	Cx6R2	1 pieza
	Cx11R2	1 pieza
	Cx14R2	1 pieza
	Cx19R1	1 pieza
	Cx1R1	1 pieza
	Cx5R1	1 pieza
	Cx1R3	1 pieza
	Cx2R3	1 pieza
	Cx7R3	1 pieza
Total de piezómetros eléctrico por instalar		9

5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS INSTRUMENTOS

En este apartado se indican las características técnicas de los instrumentos requeridos para implantar el Sistema de Auscultación en el Proyecto Pasta de Conchos.

El Contratista deberá efectuar los trabajos de instalación y medición del Sistema de Auscultación con los equipos, accesorios y materiales indicados en estas especificaciones; por lo que el Contratista deberá adquirir oportunamente los equipos y accesorios necesarios para cumplir con el programa de construcción establecido.

Los equipos para medición de los instrumentos que usará el Contratista deberán ser compatibles con la marca y el modelo de los instrumentos a medir, cumpliendo con las calibraciones, verificaciones y mantenimiento especificado, a satisfacción y hasta su entrega recepción a la Comisión.

En el Catálogo de Conceptos se indican los instrumentos y equipos de medición, así como las cantidades en que serán suministrados por parte del Contratista en el momento que así lo indique la Comisión, los cuales deberán ser nuevos y de las mismas o mejores características técnicas que las especificadas en el Catálogo de Conceptos.

5.1. Sistema de monitoreo topográfico

En los métodos topográficos, la precisión del sistema está controlado por la calidad de las técnicas de medición y la precisión de los aparatos de medición.

Por tal motivo, para el control de las referencias topográficas superficiales se requiere de equipo de medición de gran precisión para hacerlo de manera adecuada y confiable, por lo que a continuación se especifica el siguiente equipo.

5.1.1. Nivel automático universal con micrómetro

Es un instrumento en el que las visuales que por él se dirijan estando estacionado, son obligatoriamente horizontales, por lo que al colocar dos miras en posición vertical en dos puntos cuyo desnivel se pretende determinar, este desnivel estará dado simplemente por la diferencia de lecturas.

Nivel automático universal
Nivel automático universal con círculo horizontal para nivelaciones de precisión, con compensador automático y micrómetro, de las siguientes características:
<ul style="list-style-type: none"> • Desviación estándar para 1 km en nivelación doble ± 0.7 mm, con micrómetro de placa plano-paralela GPM ± 0.3 mm/km. • Aumento del antejo imagen real directa. Ocular estándar 40x. Diámetro libre del objetivo 45 mm. Diámetro del campo visual a 100 m de 2.2 m. Distancia mínima de puntería 1.6 m. • Constante de multiplicación 100. Constante de adición 0. Margen de inclinación del compensador 30". Precisión de estabilización 0.3". Sensibilidad del nivel esférico 8'/2 mm.
Accesorios:
<ul style="list-style-type: none"> • Micrómetro de caras plano-paralelas Modelo GPM3, para utilizarse con nivel NAK-2, para obtener una precisión de ± 0.3 mm en 1 km de doble nivelación, margen de medición de 10 mm, con estuche transportable. • Trípode extensible de madera modelo GST-20. • Juego de miras invar modelo GPLE2N de 2 m de longitud con graduación en centímetros, con nivel esférico, con caja de madera para transporte. • Juego de miras invar modelo GPLE3N de 3 m de longitud con graduación en centímetros, con nivel esférico, con caja de madera para transporte. • Juego de miras invar modelo GPLE92N de 92 cm de longitud con graduación en centímetros, con nivel esférico, con caja de madera para transporte. • Placas base.

5.1.2. Bancos de nivel

Los bancos de nivel deberán estar cimentados en un estrato competente, con el fin de obtener valores absolutos de los movimientos. Para la confiabilidad de la referencia deberá desplantarse sobre roca firme o en su caso tener el anclaje que especifique la Comisión, ya que su confiabilidad dependerá de una buena instalación.

Se requiere que todos los Bancos de Nivel que sean utilizados para el Sistema de Auscultación, sean referidos a las coordenadas y cota de un Banco de Nivel Patrón oficial del Proyecto que se encuentre fuera de la influencia de los trabajos de construcción, mediante una nivelación de precisión de primer orden para obtener exactitudes de ± 0.3 mm/km.

Se requiere de un barreno de una 4" con la profundidad de 30 m, el cuerpo será de tubo de acero inoxidable de 3/4" de diámetro de 3 m de largo, en tramos contará con cuerda estándar 2 cm de largo, la unión de los tramos de tubería será con coples de acero inoxidable para tubería de 3/4". Este cuerpo estará protegido con un encamisado de tubería de PVC flexible de 2",

5.1.3. Extensómetro lineal de cuerda vibrante para Bancos de nivel

En cada banco de nivel se colocará un extensómetro de cuerda vibrante para monitoreo de la capa superficial, en la parte superficial se colocará un muerto de concreto y se ligará el extensómetro a este testigo y al banco de nivel.

te la parte más profunda del cuerpo se colocará con un ancla de varilla de 3/4, relleno de lechada cemento arena, en la parte superior será colocado un muerto de concreto armado para colocar un extensómetro lineal de cuerda vibrante con la finalidad de determinar el asentamiento diferencial, la protección superficial será mediante un registro de protección.

Especificaciones del extensómetro para banco de nivel	
Extensómetro	1D con herraje de anclaje de por lo menos 20 cm
Tipo de transductor:	Sensor Cuerda Vibrante diámetro 8 mm de cuerpo
Alcance de Medición:	Carrera de 150 mm (6")
Precisión:	± 0.1 % escala total
Resolución	0,02 % escala total
Rango de Temperatura	-20°C a +80°C
Cable de señal:	Cable blindado con 4 conductores de cobre cal. 22 con camisa de poliuretano (un cable por sensor). El cable debe ser protegido contra exposición de rayos ultravioleta o abrasión mediante un tubing UV-HDPE. El sensor será suministrado de fábrica con 10 m de longitud de cable.

Se deberá realizar ficha de instalación, primera medición ligado al sistema topográfico establecido en el proyecto.

En los planos de proyecto se muestra el prototipo con las especificaciones para la construcción de un banco de nivel.

5.1.4. Referencias topográficas superficiales

Las referencias topográficas son monumentos que se instalan de manera superficial sobre el terreno o estructura a ser vigilada, de tal manera que puedan ser afectados por los movimientos a los que están sujetas aquellos sitios o estructuras de interés, determinando mediante métodos topográficos los asentamientos.

La medición de los asentamientos se realizará utilizando un nivel óptico de precisión con micrómetro y estadales graduados fabricados con invar (aleación de hierro y níquel con

bajo coeficiente de dilatación), siendo necesaria la construcción de los bancos de nivel para referir la cota a cada una de las referencias topográficas superficiales.

En la siguiente tabla se mencionan las características de las referencias topográficas superficiales a ser utilizadas de acuerdo con el Proyecto de Instrumentación.

Especificaciones de referencias topográficas	
Referencias topográficas Para instalarse sobre accesos y superficies exterior	Construidas de concreto armado con resistencia $F'c=150 \text{ kg/cm}^2$ en forma de pirámide truncada en cuya parte superior quedará embebido un perno de acero inoxidable maquinado en torno en cuya parte superior tendrá forma esférica (punta de bala).
En tuneles y galerías	pija de acero inoxidable con barra de 1.27 cm (1/2"), constituida en la parte superior de acero inoxidable de 4 cm de longitud con acabado en punta de bala con orificio en la parte superior de .5 mm, en el extremo se soldará un tramo de varilla de 1/2" de 12 cm de longitud, de acuerdo al plano.
Observaciones: El Contratista deberá presentar a la CFE, para su revisión y aceptación los planos de detalle para la construcción y ubicación definitiva de cada referencia.	

Especificaciones de referencias topográficas para interior del tunel	
Referencias topográficas Para instalarse sobre accesos y en el interior del túnel	Ancladas a roca o concreto armado
En tuneles y galerías	pija de acero inoxidable con barra de 1.27 cm (1/2"), constituida en la parte superior de acero inoxidable de 4 cm de longitud con acabado en punta de bala con orificio en la parte superior de .5 mm, en el extremo se soldará un tramo de varilla de 1/2" de 12 cm de longitud, de acuerdo al plano.
Observaciones: El Contratista deberá presentar a la CFE, para su revisión y aceptación los planos de detalle para la construcción y ubicación definitiva de cada referencia.	

5.2. Inclinómetros

El sistema de inclinómetro está compuesto básicamente por los siguientes elementos:

- Tubería inclinométrica (tubo de ademe de inclinómetro)
- Sonda de medición
- Cable de control
- Unidad de lectura
- Software de procesamiento

El proyecto de instrumentación contempla el uso de inclinómetros verticales instalados en los portales de acceso a los túneles, construidos con tubería ABS de conexión rápida.

El Contratista deberá suministrar el equipo de medición más moderno existente en el mercado al momento de su adquisición, con características iguales o mejores a las especificadas incluyendo el software de procesamiento.

5.2.1. Tubería de plástico ABS para inclinómetro

La tubería inclinométrica es un tubo especial con cuatro ranuras internas longitudinales y orientadas ortogonalmente, concebida para instalarse dentro de un barreno.

Se empleará tubería inclinométrica fabricada con plástico ABS, con $\varnothing = 85 \text{ mm}$ (3.34"), ya que está diseñada para mantenerse en contacto a largo plazo con todo tipo de suelos, rocas, grout, y agua subterránea, además de ser adecuada para el monitoreo de estabilidad de taludes.

Se deberá utilizar tubería de conexión rápida tipo QC (Quick Connect), debido a que es fácil de ensamblar y no necesita pegamentos especiales para unir los tramos. Poseen acoplamientos integrados con mecanismo de bloqueo que proporcionan uniones más resistentes, y un sello o-ring que evita la entrada de grout al interior de la tubería. Las especificaciones de dichas tuberías se indican a continuación:

Especificación técnica de la tubería inclinométrica	
Material de fabricación:	Plástico ABS
Sección de tubería:	3.05 m (10')
Tipo de ensamble:	Conexión rápida, QC (Quick Connect)
Diámetro exterior:	85 mm (3.34")
Diámetro interior:	73 mm (2.87")
Resistencia al colapso:	12.4 bar
Capacidad de carga:	635 kg
Resistencia a la temperatura:	-29°C a 88°C
Espiral de las ranuras:	$\leq 0.33^\circ$ por cada sección de 3 metros
Tapón de fondo:	Plástico ABS (uno por cada inclinómetro)
Tapón superior:	Plástico ABS (uno por cada inclinómetro)
Barreno para instalación:	De $\varnothing = 6"$ mínimo, con longitud de acuerdo a proyecto.
Observaciones:	
El Contratista deberá suministrar las herramientas necesarias para efectuar el ensamble de los tramos de tubería.	
La tubería deberá estar limpia, exenta de fisuras, golpes, rebabas, obstrucciones, etc.	

5.2.2. Sonda de medición para inclinómetros verticales

La sonda será utilizada para medir la inclinación de la tubería inclinométrica a diferentes elevaciones, tomando como referencia la vertical absoluta.

La sonda está constituida básicamente por un cuerpo de acero inoxidable que posee dos pares de ruedas espaciadas a una distancia de 50 cm, las cuales permiten deslizar la sonda a lo largo de las ranuras de la tubería para efectuar las mediciones. En el interior de la sonda se encuentran dos sensores digitales con tecnología MEMS (Micro Electro Mechanical Systems), que permiten medir la inclinación en dos direcciones ortogonales. Las especificaciones técnicas se indican a continuación:

Especificaciones de la sonda para medición de inclinómetros	
Cuerpo:	Cuerpo hermético de acero inoxidable
Sensor:	Sistema digital de MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) Biaxial. Convertidor interno datos Analógicos a Digitales de 24 bits. Sistema métrico.
Distancia entre ejes:	500 mm
Rango de medición:	± 30° de la vertical
Resolución:	0,005 mm
Repetibilidad:	± 0,003°
Temperatura de operación:	-20 a 70°C
Material:	Acero
Adaptador y/o sujetadores del cable:	Para utilizarse en tubería inclinométrica de 50, 70 y 85 mm de diámetro.
Adaptador tipo CFE	Para utilizarse durante las mediciones para el buen control de la profundidad
Estuche de acero inoxidable	Para la sonda
Observaciones:	<p>El Contratista deberá entregar un reporte de calibración de la sonda de medición, además de un certificado de garantía. Considerar además un lote de refacciones (ruedas, resortes, pernos etc.) a entregarse junto con la sonda, que deberá mantenerse siempre en existencia carcasa de transportación de acero inoxidable recubierto en el interior con neopreno para protección de la sonda.</p> <p>Además, debe incluir estuche rígido con los compartimentos necesarios para resguardar la sonda, la unidad de medición y demás accesorios necesarios en los procesos de medición.</p>

5.2.3. Cable de control

El cable de control posee una terminal metálica con pines en su extremo para conectarse a la sonda de medición, esto permite transmitir la señal de los sensores de inclinación a la unidad de lectura. Los extremos de los cables deberán suministrarse con conectores metálicos a prueba de agua, los cuales deberán ser de la misma marca que la sonda y unidad de medición.

La cubierta exterior del cable cuenta con marcas metálicas distribuidas a cada 50 cm, las cuales permiten controlar la profundidad de la toma de lecturas.

Especificaciones del Cable de Control de sonda para inclinómetro	
Longitud:	150 m. En un solo tramo sin empalmes.
Graduación:	Sistema métrico
Marcas de graduación:	Marcas de graduación metálicas a cada 0,5 m y a cada 1 m engargoladas y rotuladas sobre el aislamiento.
Aislamiento:	Camisa de poliuretano resistente a la abrasión y agentes químicos
Construcción del cable:	Cuatro cables conductores blindados con camisa de poliuretano con alma de acero para soportar esfuerzos mecánicos, conectores herméticos de acero inoxidable.
Carrete	Sistema Bluetooth para comunicación inalámbrica con la unidad de lectura, switch de encendido/apagado, indicador LEDs de energía y estado de carga. La batería interna deberá proporcionar 40 horas de operación.
Sujetadores del cable	Para utilizarse en tubos de 50, 70 y 85 mm de diámetro.
Estuche de acero inoxidable	Para la carrete
Observaciones:	
Las marcas de graduación pueden ser de colores diferentes, pero con contraste al color del aislamiento del cable. Además, deberá contar con los rótulos de identificación a cada 1m en toda la longitud del cable con números de tamaño visible resistentes a la humedad.	
El Contratista deberá entregar un cable de control por cada una de las sondas suministradas, entregando también los reportes de calibración de los cables, así como un certificado de garantía y carcasa de transporte.	

5.2.4. Unidad de lectura para sonda de inclinómetro

La unidad de lectura recibe y registra los datos provenientes de la sonda de medición. Deberá tener la capacidad de mostrar las mediciones y acciones a ejecutar para realizar el sondeo del tubo inclinométrico, además de permitir visualizar los gráficos. La unidad lectora deberá ser suministrada por el mismo fabricante de las sondas de inclinómetro y el cable de control que se adquieran, debiendo cumplir con las siguientes especificaciones.

Especificaciones de la Unidad lectora	
Unidad lectora:	Portátil, inalámbrica, de uso rudo para medición en campo y registro de datos inclinométricos, con las siguientes características y funciones: <ul style="list-style-type: none"> • Despliegue en pantalla de cristal líquido "LCD" de alta resolución. • Sistema operativo Android. • Operación touch-screen. • Conectividad a internet. • Batería interna recargable para operación continua, cargador para 127 VAC, adaptador para 12 VDC. • Comunicación inalámbrica Bluetooth. • Transferencia de datos wireless.
Software:	Software para transferencia y procesamiento de datos.

Especificaciones de la Unidad lectora	
Estuche de trasportación	Flexible
Observaciones:	
El Contratista deberá suministrar el cable, la sonda y la unidad lectora del mismo fabricante	
Accesorios: Maleta para carrete, batería de repuesto, cargador universal de AC, programa para conexión y transferencia de datos, manuales de operación, reporte de calibración y garantía.	

5.2.5. Software para procesamiento de datos de inclinómetros

Los sistemas de inclinómetros generan una gran cantidad de información (datos). Mucho más que cualquier otro tipo de instrumentos y la única forma eficiente de procesar los datos es mediante un software que permita generar gráficas especializadas.

Mediante la interpretación adecuada de las gráficas, será posible identificar la profundidad de planos de falla, la dirección y velocidad del movimiento, y corroborar la eficacia de los tratamientos aplicados.

Las gráficas de los inclinómetros serán obtenidas a partir del procesamiento de las lecturas mediante el software compatible con el sistema de medición de inclinómetros. El software deberá ser compatible con el sistema operativo de Windows, y permitirá crear una base de datos donde se almacenan las mediciones de los inclinómetros, con capacidad para generar distintos tipos de gráficos para su impresión y análisis.

5.3. Extensómetro de barras múltiples en superficie

El cabezal de medición será de tipo mixto construido en acero inoxidable y estará diseñado para poder medir hasta tres barras cuyas longitudes están consideradas en el proyecto de instrumentación.

El cuerpo del instrumento estará construido con barras de acero inoxidable de 9.52 cm (3/8") de diámetro cubiertas con tubería de PVC para uso hidráulico con diámetro nominal de 3/8", con una longitud de 3 m (10 ft) que deberá incluir los coples para cementar. En el extremo inferior de cada barra de medición contará con un ancla de varilla corrugada con diámetro de 1.9 cm (3/4").

Para su instalación se requiere un barreno estable y libre de azolve, de un metro de longitud más largo que la barra más larga especificada, de cuatro pulgadas de diámetro mínimo para cada instrumento.

Especificaciones del extensómetro de barras	
Cabezal:	Mixto para medición manual y automática, electrónico con un punto de medición con transductor de cuerda vibrante, protección tubo de PVC 1,5 m con Ø=76 mm con brida

	hermética, adecuación para ensamble y medición manual el cual deberá ser hermético hasta una presión de 5 kg/cm ² en el exterior.
Tipo de transductor:	Sensor Cuerda Vibrante, con conector roscado de 0,5" (Ø=12mm)
Alcance de Medición:	Carrera de 150 mm (6")
Precisión:	± 0.1 % escala total
Resolución	0,02 % escala total
Rango de Temperatura	-20°C a +80°C
Cable de señal:	Cable blindado con 4 conductores de cobre cal. 22 con camisa de poliuretano (un cable por sensor). El cable debe ser protegido contra exposición de rayos ultravioleta o abrasión mediante un tubing UV-HDPE. El sensor será suministrado de fábrica con 10 m de longitud de cable.
Barras de acero inoxidable:	Acoplables mediante roscas, en tramos de 3 m c/u con las siguientes características: Diámetro exterior de la barra: 9,52 mm (3/8"). Cuerdas en los extremos: De un lado hembra y del otro cuerda macho, ambas de 6,3 mm (1/4") de 20 hilos/pulg, con longitud de 2 cm cada una. Nota: La cuerda macho puede habilitarse con un espárrago de acero inoxidable colocado a tope con pegamento especial para tornillos de alta resistencia.
Tubería hidráulica de PVC para protección de barras:	Longitud de la tubería de PVC: 3 m (10') con un diámetro nominal de 3/8". Se requiere con un extremo abocinado.
Anclas:	Material: Varilla corrugada Diámetro de las anclas: 19 mm (3/4") Longitud de las anclas: 500 mm
Características del barreno:	Diámetro de 4" y 21 m de longitud (variable depende de la ubicación y según los planos)
Unidad de lectura manual:	Micrómetro de Profundidades Digital y analógico con intervalo de medición de 0 – 150 mm. Alcance de Medición: 0 –150 mm Resolución: 0.001 mm Escala: sistema métrico
Observaciones: Los remates y/o tramos de ajustes de las barras a la llegada al cabezal, deberán presentar superficies completamente planas, libres de rebabas o bordes que limite el apoyo del equipo de medición. Así mismo deberá garantizar la unión y/o acoplamiento al 100% entre la llegada de las barras con el transductor. La Contratista deberá suministrar los accesorios y materiales necesarios para su instalación y puesta en servicio, los certificados de calibración, pruebas de calidad, manuales de operación y certificados de garantía de los instrumentos.	

5.4. Extensómetro multipunto

Los extensómetros multipunto con sensor de cuerda vibrante serán utilizados para monitorear la estabilidad del revestimiento de los túneles y conocer a largo plazo su comportamiento estructural. Para ello se consideran tres puntos de medición dentro del macizo rocoso que serán empotrados dentro de un barreno.

Debido a que todos los transductores están ensamblados en serie, el rango total de mediciones del extensómetro será la suma de las mediciones individuales de cada transductor.

El instrumento deberá estar diseñado para funcionar en forma hermética bajo el agua, por lo que todos los transductores de desplazamiento del extensómetro deberán estar perfectamente sellados.

Las anclas y los sensores deberán estar separados por secciones de extensión, las cuales podrán ser de longitudes de 1, 2 o 3 m. Las secciones de extensión serán barras rígidas de acero de 9.5 mm (3/8") de diámetro, protegidas por un tubo telescópico exterior de PVC de 16.8 mm (21/32") de diámetro, o las definidas por el fabricante.

Para la instalación se requerirá de una perforación o barreno estable libre de azolve de 3" de diámetro mínimo, y de un metro de longitud más largo que la longitud total del extensómetro multipunto. Dicho barreno se podrá perforar sobre la primera capa de concreto lanzado, siempre y cuando se hayan efectuado los tratamientos de anclaje y drenaje de la roca.

La Contratista deberá considerar todos los accesorios necesarios para su instalación tales como; soportes, bases, anclas, tuercas, tornillos, abrazaderas, rótulas, cajas de protección, etc.

Especificaciones del extensómetro multipunto	
Tipo de sensor:	cuerda vibrante
Alcance de medición:	150 mm
Profundidades de medición para cada sensor:	variables de acuerdo a lo indicado en el plano
Precisión:	± 0.25% de la escala completa del rango del sensor
Resolución:	0.02 % de la escala completa del rango del sensor
Linealidad:	0.25% de la escala completa del rango del sensor
Temperatura de operación:	-20 °C a 80 °C
Diámetro máximo/mínimo del cabezal:	63.5 mm / 42.5 mm

Barras de extensión:	Barras rígidas de acero de 9.5 mm (3/8") de diámetro, protegidas por un tubo telescópico exterior de PVC de 16.8 mm (21/32") de diámetro.
Cable de señal:	Cable blindado con 4 conductores de cobre cal. 22 con camisa de poliuretano (un cable por sensor). Cada sensor será suministrado de fábrica con 45 m de longitud de cable, considerados a partir de la boca del barreno. Posteriormente se realizará un empalme para añadir la longitud de cable requerida para llevar la señal hasta la caseta de instrumentación.
Barreno	De Ø 4" (101,60 mm) mínimo, con longitud de acuerdo a la profundidad indicada en el plano correspondiente.
Observaciones: La Contratista deberá suministrar los accesorios y materiales necesarios para su instalación y puesta en servicio, los certificados de calibración, pruebas de calidad, manuales de operación y certificados de garantía de los instrumentos. Se requiere que cada instrumento sea suministrado con la longitud de cable necesaria para llegar desde el sitio de instalación del sensor hasta las cajas registro, donde se podrá realizar un empalme de cable y posteriormente conducirlo hasta la caseta de medición.	

5.5. Celdas de presión

Las celdas de presión se instalarán en el contacto entre la roca y el revestimiento del túnel en las zonas correspondientes a anomalías o fallas geológicas importantes.

La celda de presión está constituida por dos placas rectangulares de acero soldadas en su perímetro y separadas entre sí por una estrecha cavidad saturada con aceite desaireado. Esta cavidad llena de aceite está conectada a través de un tubo a un sensor de presión de curda vibrante.

Cada celda deberá incorporar un tubo de presurización o dispositivo especial para presurizar el sistema, que permita ajustar el volumen del cuerpo de la celda para compensar la reducción del concreto después su endurecimiento. Este tubo permite aumentar la presión hidráulica del aceite en el interior de la cavidad de la celda con el fin de restablecer el contacto entre la superficie externa de la celda y el concreto.

La celda deberá estar provista con asas en las esquinas de las placas para facilitar la sujeción de la celda en su sitio mientras el concreto lanzado es aplicado.

Especificación técnica de la celda de presión	
Tipo de sensor:	Cuerda vibrante
Salida de señal	Frecuencia (2000 – 3000 Hz)
Rango de medición*:	2 MPa y 7 Mpa de acuerdo a proyecto.
Presión Máxima:	2 veces el rango de medición.

Especificación técnica de la celda de presión	
Resolución:	± 0.025 % de la escala completa, mínimo.
Precisión:	± 0.1% de la escala completa
Rango de temperatura operativo:	-20°C a +80°C
Cable de señal:	Cable blindado con 4 conductores de cobre cal. 22 con camisa de poliuretano. El sensor será suministrado de fábrica con 45 m de longitud de cable Posteriormente se realizará un empalme para añadir la longitud de cable requerida para llevar la señal hasta la caseta de instrumentación.
Cuerpo de la celda	
Material de fabricación:	Acero galvanizado
Aplicación:	Medición de la presión de contacto entre roca y concreto
Dispositivo de presurización	El indicado por el fabricante para expandir las celdas
Observaciones:	
La Contratista deberá suministrar los accesorios y materiales necesarios para su instalación y puesta en servicio, los certificados de calibración, pruebas de calidad, manuales de operación y certificados de garantía de los instrumentos.	
Se requiere que cada instrumento sea suministrado con la longitud de cable necesaria para llegar desde el sitio de instalación del sensor hasta las cajas registro, donde se realizará un empalme de cable y posteriormente conducirlo hasta la caseta de medición.	

5.6. Sistema de medición de convergencias

5.6.1. Sistema de medición de convergencias mediante dianas topográficas

Se colocarán 25 secciones de dianas reflectantes con arreglo de 5 puntos de control con dimensiones de 60X 60 mm con placa 3.175 mm (1/8") de 70 x 70 mm galvanizada soldada a una varilla de 1/2" de 60 cm de largo.

La medición se realizará con un taquímetro.

Estacion TS10	
Precisión Hz y V	absoluto, continuo, diametral 1" Resolución de la pantalla: 0,1" (0,1 mgon) Compensación de cuádruple eje Configuración de precisión del compensador: 2: 0,5 Alcance del compensador: +/- 4' Resolución del nivel electrónico: 2" Sensibilidad del nivel esférico: 6' / 2 mm
Medición de distancias	Alcance Prisma (GPR1, GPH1P): 1,5 m a 3,500 m Prism GPR1 (modo de largo alcance) > 10.000 m Sin Prisma / A cualquier superficie R500 y R1000
Precisión / Tiempo de Medición	Normal (a prisma) Más preciso / Una vez: 1 mm + 1,5 ppm (normalmente 2,4 s) Una vez y Rápido: 2 mm + 1,5 ppm (normalmente 2 s) De forma continua: 3 mm + 1,5 ppm (normalmente < 0,15 s)

	Modo de largo alcance / > 4 km: 5 mm + 2 ppm (normalmente 2,5 s) Sin Prisma / A cualquier superficie 0 m - 500 m: 2 mm + 2 ppm (normalmente 3 - 6 s) > 500 m: 4 mm + 2 ppm (normalmente 3 - 6 s)
Tamaño del punto láser	A 30 m: 7 mm x 10 mm A 50 m: 8 mm x 20 mm A 100 m: 16 mm x 25 mm
Objetivo	Aumento: 30x Poder de resolución: 3" Alcance de enfoque: 1,55 m/5,08 ft al infinito n Campo visual: 1°30' / 1,66 gon / 2,7 m a 100 m
Pantalla y teclado	5" (pulgadas), 800 x 480 píxeles WVGA, color y táctil n 25 teclas5a n 37 teclas, incluyendo teclas de función5b
Manejo	Accionamientos para HZ y V Pulsador de activación: definible por el usuario con 2 funciones
Alimentación	Autonomía de uso con GEB361 Autonomía de uso con GEB331
Almacenamiento de datos	Memoria interna: 2 GB Flash Tarjeta de memoria: Tarjeta SD 8 GB Memoria USB: 1 GB
Procesado	TI OMAP4430 1GHz Dual-core ARM® Cortex™ A9 MPCore™ Sistema operativo – Windows EC7
interfaces	RS2327, dispositivo USB Bluetooth®8, WLAN9 Cobertura lateral de datos móviles: LTE-Módem para acceso a Internet
Base nivelante	
Accesorios	Base nivelante, trípode uso rudo pesado cables de comunicacion, software de uso para manipulación de los datos medidos.

5.6.2. Sistema de medición de convergencias mediante extensómetro de cinta

El extensómetro de cinta consiste en una cinta métrica de precisión incorporada a un sistema de tensión y a un dial indicador de distancias.

Para obtener una lectura, el gancho del extremo fijo del extensómetro se conecta a un perno anclado en la superficie del túnel, posteriormente se desenrolla la cinta para enganchar su extremo al perno opuesto.

Para efectuar la medición de convergencias, La Contratista deberá suministrar los pernos de medición (puntos de control), cuyo diseño dependerá de los requerimientos del extensómetro de cinta.

El contratista deberá garantizar el acceso a todos los puntos durante el proceso de medición, para lo cual deberá contar con un manipulador con operador para los trabajos de instalación y medición dentro de los túneles durante su construcción.

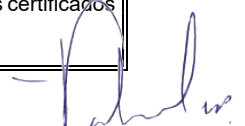
Especificaciones del extensómetro de cinta	
Alcance de medición:	20 m
Resolución del indicador:	0.01 mm
Repetibilidad:	± 0.25 mm

Graduación de la cinta	en mm
Material de la cinta:	Acero
Cinta de repuesto:	20 metros de longitud
Pernos	Varilla corrugada de ½ pulgada galvanizado de 1.0 m de longitud con argolla de acero inoxidable
Observaciones: La Contratista deberá suministrar e instalar las argollas de medición en los sitios indicados por CFE.	

5.7. Piezómetros eléctricos

A grandes rasgos, los piezómetros objetos de esta especificación consisten en un transductor de cuerda vibrante en el que un extremo está sujeto a una membrana metálica, embebidos en una carcasa de acero con filtro en un extremo. Al estar sometido el instrumento a la presión del agua, es producido un cambio en la deflexión de la membrana, lo que provoca a su vez un cambio en la tensión de la cuerda que puede conocerse al medir su frecuencia de vibración.

Especificación técnica del piezómetro eléctrico	
Tipo de sensor:	De cuerda vibrante no venteado
Rango de medición:	350 kPa.
Resolución:	0,025 % de la escala completa, mínimo.
Precisión:	± 0,1% de la escala completa
Presión Máxima:	1,5 veces el rango total.
Filtro:	50 micras, partículas de acero inoxidable sinterizado
Calibración:	Calibración de 12 puntos con referencia a la presión atmosférica
Coefficiente de temperatura:	Menor a 0,04% de la escala total por °C
Sensor de temperatura:	- 20 a 80 °C
Material de fabricación:	Carcasa de acero inoxidable
Cable de señal:	Cable blindado con 4 conductores de cobre cal. 22 con camisa de poliuretano. El sensor será suministrado de fábrica con 45 m de longitud de cable. Posteriormente se realizará un empalme para añadir la longitud de cable requerida para llevar la señal hasta la caseta de instrumentación.
Barreno:	De Ø = 4" mínimo, con profundidad de acuerdo a proyecto.
Cámara del piezómetro:	Filtro de arena media y arena fina, lechada para sello del barreno como se especifica en el capítulo de Instalación.
Observaciones:	
La Contratista deberá suministrar los accesorios y materiales necesarios para su instalación y puesta en servicio, los certificados de calibración, pruebas de calidad, manuales de operación y certificados de garantía de los instrumentos.	



Especificación técnica del piezómetro eléctrico

Cada instrumento deberá ser suministrado con la longitud de cable necesaria para llegar desde el sitio de instalación del sensor hasta las cajas registro, donde será realizado un empalme de cable y posteriormente conducirlo por el ducto troncal hasta la caseta de medición.

5.8. Unidad de lectura portátil para medición de instrumentos de cuerda vibrante

El Contratista deberá proporcionar el equipo de medición compatible con todos los instrumentos de cuerda vibrante instalados, para obtener lecturas de forma manual durante la etapa de construcción, y posteriormente, de aquellos instrumentos que no sean automatizados.

Los datos se almacenarán en una memoria interna no volátil con un formato que permita ser transferido a una computadora para su posterior lectura y procesamiento con programas de aplicación común. Los datos de medida serán registrados con su respectivo signo, fecha y hora.

Especificaciones del lector de cuerda vibrante.	
Medición de cuerda vibrante	
Rango de frecuencia:	300 a 6500 Hz
Resolución:	0,001 Hz RMS
Velocidad:	1 segundo (la más rápida)
Excitación:	2V, 5V, 12V (seleccionable por el usuario)
Precisión:	± 0,005 % de lectura
Método:	VSPRECT (Análisis espectral de cuerda vibrante, patente estadounidense No. 7,779,690)
Rango del intervalo de medida:	1 segundo a 15 minutos (modo de lecturas continuas)
Velocidad:	1 segundo
Medición de temperatura (resistencia)	
Resolución:	0,01 Ω RMS
Precisión:	± 0,15 % de lectura
Información general	
Memoria:	1700 mediciones de sitio / sensor
La memoria no volátil almacena datos, informes y archivos de proyecto.	40 sitios únicos, 22 sensores por sitio 240 mediciones únicas 16 500 mediciones continuas Memoria USB de 80 MB (PDF, CSV, VWA y otros archivos)
GPS:	± 5 m (16,4 pies) típico, tiempo de sincronización de ± 1 ms (WGS 84 Datum)

Especificaciones del lector de cuerda vibrante.	
Número de canales:	1 canal (lectura de cuerda vibrante y termistor)
Tipo/vida útil de las baterías:	5 AA (1,5 V) / 20 horas de uso continuo
Temperatura de funcionamiento:	-20°C a +70°C
Peso:	0,34 kg (0,75 lb)
Dimensiones:	200 x 100 x 58 mm (7,9 x 3,9 x 2,3 in)
Cumplimiento normativo:	CE, RoHS
Gabinete:	IP62
USB Mini B:	Conexión directa a PC
Garantía:	Un año de garantía contra defectos en materiales y fabricación.
Observaciones:	
Se deberá incluir con la unidad de medición el software necesario, adaptador para cables descubiertos (sin conector) para lecturas independientes, batería y cargador y cable de interfase para el microprocesador.	
Total piezas	
2	

5.9. Adquisidor de datos para instrumentos en túneles

El objetivo del Sistema Automatizado de Adquisición de Datos es digitalizar las señales provenientes de los sensores de los instrumentos, procesar las mediciones y almacenar los datos para su posterior recolección o envío a un servidor remoto.

El Sistema Automatizado de Adquisición de Datos deberá instalarse de acuerdo a las recomendaciones y/o especificaciones del fabricante, así como del Software correspondiente, cuyo procedimiento y especificaciones definitivas de instalación y medición serán propuestos para revisión y aceptación del Responsable Técnico de Instrumentación de la Comisión.

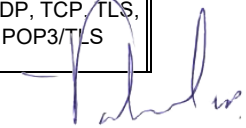
Todos los componentes electrónicos del sistema, los cables dentro de los equipos y las interconexiones entre éstos, deberán estar identificadas en forma apropiada acorde con los manuales de instalación, operación y mantenimiento de los equipos. En lo posible, esta identificación deberá ser universal de tal forma que en los diferentes nodos de procesamiento los cables correspondientes al mismo tipo de equipos y en equipos duplicados se identifiquen de la misma manera.

El Contratista deberá considerar los herrajes, gabinetes, estantes, bastidores y accesorios necesarios para protección y montaje de las unidades adquisidoras de datos, cajas de acelerógrafos, accesorios de la red de comunicaciones y señales, etc. las cuales deberá presentar al Responsable Técnico de instrumentación de la Comisión para su revisión.

Todos los gabinetes, bastidores y otras estructuras de soporte deberán ser tratados para protegerlos de la corrosión y deberán estar bien acabados y pintados. Deberán ser completamente tropicalizados a prueba de lluvia.

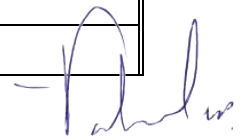
Los equipos que componen el Sistema Automatizado de Adquisición de Datos contarán con protecciones contra transitorios en la caja del multiplexor, y las baterías y accesorios. Estos equipos deberán contar con una alimentación regulada para su correcto funcionamiento.

Especificación técnica de Adquisidor de datos CR6	
Rango de temperatura de operación	-40° to +70°C (estándar)
	-55° to +85°C (extendido)
Material de carcasa:	Polycarbonato de alto impacto resistente, TPE resistente a los rayos UV
Entradas universales:	12 entradas individuales configuradas para funciones analógica y digitales
Contadores de pulso	16 (C1 a C4 y U1 a U12)
Puertos de comunicación:	Ethernet
	USB Micro B, incluye memoria de 32 GB
	CS I/O
	RS-232
	CPI
	RS-485
Puertos de almacenamiento de datos:	SDI-12
	microSD
Terminales 12 Volt	2 terminales
Digital I/O	16 terminales (C1 a C4, U1 a U12) configurable para entrada y salida digital. Las terminales son configurables en pares para 5 V o 3,3 V para algunas funciones.
Límites de entrada	±5 V
Precisión de voltaje análogo	La precisión no incluye el factor de incertidumbre de medición.
	± (0,04% de medición + compensación) de 0° a 40°C
	± (0,06% de medición + compensación) de -40° a +70°C
	± (0,08% de medición + compensación) de -55° a +85°C (rango e temperatura extendido)
ADC	24-bit
Requerimientos de energía	16 a 32 Vdc para entrada de carga (CHG)
	10 a 18 Vdc para entrada de batería (BAT)
Precisión de reloj en tiempo real	± 3 min. por año (corrección opcional GPS a ±10 µs)
Protocolos de internet	Ethernet, PPP, CS I/O IP, RNDIS, ICMP/Ping, Auto-IP(APIPA), IPv4, IPv6, UDP, TCP, TLS, DNS, DHCP, SLAAC, SNMPv3, NTP, Telnet, HTTP(S), FTP(S), SMTP/TLS, POP3/TLS



Especificación técnica de Adquisidor de datos CR6	
Protocolos de comunicación	CPI, PakBus, SDM, SDI-12, Modbus, TCP, DNP3, UDP, NTCIP, NMEA 0183, I2C, SPI, y otros
Garantía	3 años (contra defectos en materiales y mano de obra)
Batería de respaldo SRAM para uso de la CPU y almacenamiento final	4 MB
Drenaje de corriente inactiva, promedio	Asume 12 Vcc en terminales BAT; agregue 2 mA si usa terminales CHG. < 1 mA
Drenaje activo actual, promedio	Asume 12 Vcc en terminales BAT; agregue 2 mA si usa terminales CHG. 3 mA (1 Hz scan) 67 mA (20 Hz scan)
Mediciones estáticas de cuerda vibrante	Soportada
Dimensiones	21,0 x 10,2 x 5,6 cm (8,3 x 4,0 x 2,2 in.)
Peso	0,42 a 0,52 kg (0,92 to 1,15 lb) dependiendo de la comunicación y aditamentos seleccionados
Observaciones:	
El Contratista deberá suministrar los adquisidores de datos con gabinetes de protección Nema 4X, accesorios y materiales necesarios para su instalación y puesta en servicio, los certificados de calibración, pruebas de calidad, manuales de operación y certificados de garantía.	
Total	10

Especificación técnica de Multiplexor de 16 canales para cuerda vibrante	
Requerimientos energéticos:	12 Vdc (bajo carga), sin regular
Escaneo avanzado:	Ocurre en el borde delantero de la transición del pulso del reloj (desde menos de 1.5 V a más de 3.3 V)
Ancho mínimo de pulso del reloj:	1 ms
Tiempo máximo de respuesta:	20 ms
Resistencia de relé inicial, cerrada:	0,1 Ohm
Corriente máxima de conmutación:	500 mA
Tensión de conmutación máxima:	50 Vdc
Vida de contacto mínima:	5 x 10 ⁷ operaciones



Especificación técnica de Multiplexor de 16 canales para cuerda vibrante	
Clasificación de voltaje de contacto máximo:	70 V
Voltaje máximo:	8 Vcc (nivel de reloj)
Cumplimiento CE:	EN 61326: 1998 EN 55022: 1998 Clase B
Rango de temperatura de funcionamiento:	-25 ° a + 50 ° C (estándar) -55 ° a + 85 ° C (extendido)
Dimensiones:	23.9 x 10.2 x 4.6 cm (9.4 x 4.0 x 1.8 in.)
Peso:	~680 g (~1.5 lb)
Descarga atmosférica:	Cumple con IEC61000-4-2, nivel de prueba 4 (± 15 kV).
Descarga de contacto:	Cumple con IEC61000-4-2, nivel de prueba 4 (± 8 kV).
Consumo de corriente:	Inactivo: < 210 µA Activo: > 6 mA (típico en modo 2x32) >11 mA (típico en modo 4x16)
Restablecimiento de niveles:	Inactivo: < 0.9 V Activo: 3.3 a 8 V
Total pza	
10	

Especificaciones técnicas de gabinete de protección	
Color:	Blanco (refleja la radiación solar, reduciendo los gradientes de temperatura dentro del recinto sin usar un escudo de radiación separado)
Construcción:	Caja de poliéster reforzado con fibra de vidrio con junta de puerta, terminal de conexión a tierra externa, bisagra de acero inoxidable y cerrojos con cerradura
Clasificación:	NEMA 4x
Dimensiones:	Internas de 40.6 x 45.7 x 22.9 cm (16.0 x 18.0 x 9.0 in.) Externas de 44.4 x 49.5 x 27.0 cm (17.5 x 19.5 x 10.6 in.)
Peso:	7.7 kg (17 lb)
Observaciones:	
Para alojar el registrador de datos, la fuente de alimentación, barómetro, multiplexores, y demás componentes.	

Software requerido para el Sistema Automatizado de Adquisición de Datos
LoggerNetDATA

Software requerido para el Sistema Automatizado de Adquisición de Datos
Aplicación para programar adquirentes automáticos de datos, interfaces de comunicación, interfaces para cuerda vibrante, etc., programar rutinas de adquisición de datos, rutinas de control, Programación de páginas WEB, capacidad de programar páginas de visualización y adquisición de datos en equipos distribuidos conectados a una red.
Programa para monitoreo remoto basado en internet Programa para visualizar, almacenar y procesar datos provenientes de adquirentes de datos automáticos, con capacidad de manejar hasta 100 adquirentes, más de 1000 sensores y varios tipos de sensores. Con capacidad de programar rutinas de medición, tablas de datos en formatos comerciales (Excel, CVS, Access, etc). Configuración y programación de adquirentes de datos de diversos proveedores Emisión de alertas, alarmas y notificaciones vía web, sms, correo electrónico, pagers, tiene capacidad de programar un servidor Web el cual puede ser accediendo desde cualquier computadora conectada a la red, para visualización de datos Capacidad de generar páginas WEB compatibles con la mayoría de los equipos móviles actuales, según los niveles de acceso se podrán hacer tareas previamente programadas Es una plataforma donde se puede generar un GIS del proyecto, con pantallas de visualización y rutinas de recolección, almacenaje, pre proceso y transmisión de datos.

5.10. Caseta de instrumentación

La caseta de instrumentación será aquella donde llegarán los cables de los instrumentos que se instalarán, o en donde se alojarán equipos e instrumentos para la transmisión de datos vía radio, modem u otro medio.

Se pretende utilizar la caseta, la ubicación de las casetas se muestra en el plano 1.

Dichas instalaciones serán construidas con concreto armado $f'c=200$ kg/cm² y acero de refuerzo grado duro $f_y = 4000$ kg/cm². Los muros serán de concreto reforzado con espesor de 15 cm y losas de 15 cm,

El acabado exterior deberá ser tipo serroteado y el interior concreto acabado fino aparente, ambos con pintura vinil acrílica para exteriores color blanco.

Deberá contar con servicio de voz y datos, aire acondicionado, calentador solar, cuarto de baño con regadera, cocineta, mosquiteros, piso de loseta cerámica de 20x20 cm, antiderrapante de uso rudo de color claro.

Las dimensiones de los accesos deberán cumplir con las normas de seguridad vigentes. Las puertas deberán ser de seguridad, reforzadas con marco y contramarco, cuyos materiales para su fabricación deberán ser aprobados por el Responsable Técnico de Instrumentación de la Comisión.

Se debe considerar acceso a la parte superior (azotea).

El Contratista deberá entregar a la Comisión la propuesta de construcción indicando las dimensiones definitivas, las especificaciones de obra civil, instalaciones eléctricas y sanitarias, para su aprobación.

6. CONSIDERACIONES GENERALES DE INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS

Los procedimientos de instalación de los instrumentos del Sistema de Auscultación deberán ejecutarse de acuerdo con las recomendaciones generales del fabricante de los equipos y conforme a los procedimientos específicos que desarrolle el Contratista encargado de la instalación, los cuales deberán ser revisados y aprobados por la Comisión antes de su implantación, bajo un Sistema de Gestión de Calidad.

Para garantizar la implantación adecuada del Sistema de Auscultación será fundamental realizar las adecuaciones a los instrumentos y la preparación de los sitios donde serán instalados, las pruebas de funcionamiento, calibraciones, y su instalación y medición de acuerdo a los procedimientos correctos, previamente adaptados al proyecto.

Deberán tenerse ciertos cuidados para garantizar que los instrumentos estén en perfectas condiciones de operación tales como:

- Almacenar los sensores y cable de señal en un lugar seco y libre de roedores.
- Manipular cuidadosamente los sensores.
- Manipular cuidadosamente el cable de señal, evitando arrastrarlo sobre rocas o superficies abruptas.
- Evitar jalar fuerte el cable de señal, ya que podrían dañarse los conductores.
- Marcar cuidadosamente los cables para su posterior identificación.
- Proteger las terminales de los cables para evitar que el agua entre dentro de la camisa protectora.

1.1. Taller y almacén en sitio

La Contratista deberá considerar el montaje de un taller en el sitio del proyecto, lo más cercano posible al área de construcción. Estas instalaciones deben permitir fabricar todos los accesorios y herrajes necesarios para la instalación de los instrumentos que serán instalados, así como las protecciones de los mismos, considerando en todo momento y para cada uno de ellos la geometría del sitio donde los instalará.

En el taller se adaptará un área techada para realizar trabajos de soldadura sin riesgo para el personal, equipo y materiales. Toda el área estará cercada y tendrá una puerta de acceso para peatones y otra para vehículos.



Deberá contar con un almacén para el resguardo adecuado de los instrumentos mientras procede su instalación, así como del equipo de medición. Además, deberá tener continuamente disponible y en buen estado operativo los equipos, materiales y herramientas para la correcta instalación de los instrumentos.

1.2. Pruebas de funcionamiento a los instrumentos

Para garantizar el correcto funcionamiento del Sistema de Auscultación, el Contratista encargado de la instalación será responsable de efectuar pruebas de funcionamiento de los instrumentos antes, durante, y después de la instalación de cada uno de ellos, de acuerdo con los procedimientos e instrucciones del fabricante, para comprobar el cumplimiento de parámetros de operación, debiendo constatar los resultados mediante registros de calidad de las pruebas realizadas.

Durante el proceso de instalación y hasta la puesta en servicio, se tomarán lecturas a los diversos instrumentos con una unidad portátil de lectura proporcionada por el Contratista, esta información será entregada de manera electrónica en una base de datos a la Comisión, actualizada diariamente y hasta que todos los instrumentos sean conectados al Sistema Automatizado de Adquisición de Datos.

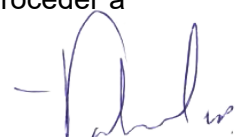
Una vez integrados todos los instrumentos al Sistema de Adquisición de Datos, deberán realizarse pruebas de funcionamiento y lecturas continuas posteriores para asegurar que operan correctamente, y detectar oportunamente cualquier anomalía o falla para su reparación o sustitución. Por lo anterior se deberá contar con la cantidad suficiente de cable, ductos y conectores especiales herméticos para cables eléctricos en caso de ser dañados.

1.3. Protección y acceso a los instrumentos

Debido a los diferentes tipos de instrumentos y sus particularidades, el Contratista deberá diseñar e implementar las protecciones temporales metálicas, con calibres de placa y herrajes adecuados, para garantizar que los instrumentos, accesorios, cables y ductos se encuentren resguardados con seguridad durante la etapa constructiva, y el personal de pueda acceder a ellos con seguridad.

En todos los casos, el Contratista debe considerar que las protecciones deben tener una forma geométrica adecuada para desviar la caída de materiales que pudieran provocar daños en los instrumentos. El acabado de todas las protecciones debe ser galvanizado por inmersión en caliente.

Las protecciones y accesos definitivos son requeridos en aquellos instrumentos que quedan instalados en forma permanente, los cuales requieren de registros de protección y acceso seguro para el personal de medición, por lo que el Contratista deberá presentar el diseño de las protecciones y accesos de cada sitio de medición de instrumentos, de acuerdo con las características del lugar, para la revisión y aceptación de la Comisión, para proceder a fabricarlas e instalarlas.



Todo el equipamiento, materiales, sensores, herrajes y equipo de medición serán entregadas al final de la construcción a la Comisión, calibrados y en buen estado de operación.

