

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

**(Tomo II Anexos)**

**“CONTROL DE CALIDAD PARA LAS OBRAS SUBTERRÁNEAS EN  
LA CONSTRUCCIÓN DEL METRO DE LIMA”**

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

**ELABORADO POR**

**JUAN CABELLO MASGO**

**ASESOR**

**Dr. Ing. CÉSAR ALFREDO FUENTES ORTÍZ**

**Lima - Perú**

**2021**

## ANEXOS

<b>ANEXO 1: Panel fotográfico de seguimiento de actividades .....</b>	<b>156</b>
Anexo 1.a: Panel fotográfico de seguimiento de actividades en el Patio Taller Santa Anita .....	157
Anexo 1.b Panel fotográfico de seguimiento de actividades en Estaciones Subterráneas.....	180
Anexo 1.c Panel fotográfico seguimiento de actividades en Túnel Subterráneo .....	188
<b>ANEXO 2: Principales ensayos de calidad (versión digital) .....</b>	<b>199</b>
<b>ANEXO 3: Matriz de No Conformidad del proyecto (versión digital) .....</b>	<b>200</b>

# ANEXO 1

(Panel fotográfico de  
seguimiento de  
actividades)

# ANEXO 1.a

(Panel fotográfico de  
seguimiento de actividades en  
el Patio Taller Santa Anita)

**PANEL FOTOGRAFICO DE SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES EN EL PATIO  
TALLER SANTA ANITA**



**FIG . A1:** Se observan trabajos de nivelación de terreno - Patio Taller Sta.Anita



**FIG . A2:** Se observa la compactación del relleno - Patio Taller Sta. Anita



**FIG . A3:** Trabajos de eliminación de material - Patio Taller Sta. Anita



**FIG . A4:** Vistas de armado de acero de zapata y pedestal - Nave de Material Rodante - PTSA



**FIG . A5:** Observamos la aplicación de pintura bituminosa en pedestales - Nave de Material Rodante – PTSA



**FIG . A6:** Se observa la excavación para vía en foso - Nave Material Rodante – PTSA



**FIG . A7:** Vista de armado de cemento corrido - Nave de Material Rodante - PTSA



**FIG . A8:** Observamos el montaje de columnas prefabricadas - Nave de Material Rodante



**FIG . A9:** Vista de las columnas prefabricadas montadas - Nave de Material Rodante



**FIG . A10:** Verificación de trazo, replanteo de ejes y ubicación de cimientos - Edificio Técnico – PTSA



**FIG . A11:** Se observa el montaje de correas prefabricadas (viguetas) - Nave de Material Rodante



**FIG . A12:** Vista de la excavación de pozo de ataque para inicio de construcción de Falso Túnel



**FIG . A13:** Excavaciones para la construcción de cimientos de la Nave Taller



**FIG . A14:** Vista del armado del acero de refuerzo de la pantalla del Pozo de Ataque



**FIG . A15:** Vista de la excavación para la construcción de muro pantalla - Túnel Ramal



**FIG . A16:** Armado de acero para zapatas de la Nave Taller - PTSA



**FIG . A17:** Verificación y vaciado de concreto de pantallas para el Pozo de Ataque



**FIG . A18:** Trabajos de descabezado de pantallas - Pozo de Ataque



**FIG . A19:** Vista de trabajos de excavación de la trinchera - Túnel Ramal Acceso Patio Taller



**FIG . A20:** Armado del acero de refuerzo de la viga de coronación del Pozo de Ataque



**FIG . A21:** Observamos el montaje de columnas prefabricadas - Edificio Técnico – PTSA



**FIG . A22:** Vista panorámica del Pozo de Ataque - PTSA



**FIG . A23:** Trabajos de montaje de vigas prefabricadas - Nave de Taller Principal - PTSA



**FIG . A24:** Montaje de Pilares Edificio de Oficinas - PTSA



**FIG . A25:** Vista de trabajos de montaje de paneles para cobertura - Nave Material Rodante



**FIG . A26:** Se observan los trabajos de excavación para el pozo de ataque - Túnel Ramal



**FIG . A27:** Se observan los trabajos de armado del acero de refuerzo de losa en el Falso Túnel - Túnel Ramal



**FIG . A28:** Observamos el vaciado de concreto para solera de la trinchera -  
Túnel Ramal



**FIG . A29:** Trabajos de montaje de vigas y losas TT - Edificio de Oficinas



**FIG . A30:** Se observa la verificación de acero para encofrado de placa - Edificio  
de Oficinas



**FIG . A31:** Se aprecian los trabajos de montaje de columnas - Nave Taller Principal



**FIG . A32:** Trabajos de vaciado de concreto de hastiales para Falso Túnel - Túnel Ramal



**FIG . A33:** Se puede apreciar los trabajos de desencofrado de hastiales en Falso Túnel - Túnel Ramal



**FIG . A34:** Observamos el encofrado bóveda para Falso Túnel - Túnel Ramal Acceso - PTSA



**FIG . A35:** Apreciamos trabajos de perforación para micropilotes



**FIG . A36:** Se observa los trabajos de demolición del entronque túnel - Túnel Ramal Acceso PTSA



**FIG . A37:** Observamos trabajos de excavación en el Túnel Ramal Acceso PTSA



**FIG . A38:** Verificaciones de acero para refuerzo de Losas 2do Nivel - Edificio de Oficinas – PTSA



**FIG . A39:** Vista del encofrado para hastiales Falso Túnel - Túnel Ramal Acceso PTSA



**FIG . A40:** Se observan trabajos de excavación y colocación de cercha para Túnel Ramal Acceso PTSA



**FIG . A41:** Se observa los trabajos de vaciado de concreto en losas - Edificio de Oficinas - PTSA



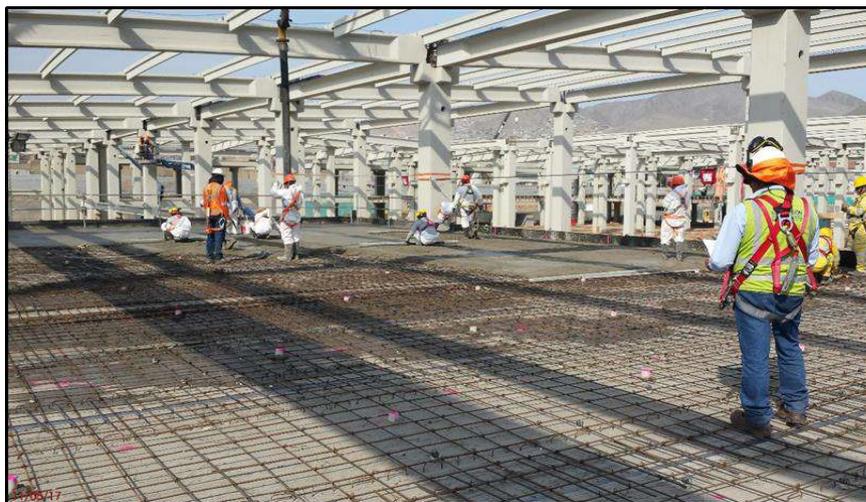
**FIG . A42:** Vista de los trabajos de montaje de paneles - Edificio Técnico - PTSA



**FIG . A43:** Observamos parte de los trabajos de curado de contrabóveda en Túnel Ramal Acceso PTSA



**FIG . A44:** Se puede apreciar trabajos de resanes en Trinchera - Túnel Ramal Acceso PTSA



**FIG . A45:** Se observa la verificación de acero y vaciado de concreto en losa de 2do piso - Nave Taller Principal



**FIG . A46:** Se observan los trabajos de vaciado de concreto para canalizaciones eléctricas - PTSA



**FIG . A47:** Apreciamos la excavación y colocación de tuberías para Instalaciones ferroviarias - PTSA



**FIG . A48:** Observamos los trabajos de relleno de Falso Túnel Sección Bóveda - Túnel Ramal Acceso PTSA



**FIG . A49:** Se observa el montaje de paneles para cobertura exterior - Edificio de Oficinas - PTSA



**FIG . A50:** Apreciamos los trabajos de trazo y replanteo para la SEAT – PTSA  
SEAT (Sub Estación de Alta Tensión)



**FIG . A51:** Se observan trabajos de excavación para cimentación de la SEAT - PTSA



**FIG . A52:** Apreciamos el revestimiento secundario - Túnel Ramal Acceso PTSA



**FIG . A53:** Trabajos de relleno en Sección Bóveda - Falso Túnel Ramal Acceso PTSA



**FIG . A54:** Observamos los trabajos de instalación de malla de puesta a tierra - SEAT - PTSA



**FIG . A55:** Apreciamos los trabajos de colocación de relleno para Sección Bóveda en Falso Túnel - PTSA



**FIG . A56:** Vista panorámica del vaciado de concreto para muros corta fuego del primer nivel - SEAT - PTSA



**FIG . A57:** Trabajos de excavación de zanja para instalación de malla para puesta a tierra Nave Taller Principal



**FIG . A58:** Se puede observar los avances de las obras de excavación de la Línea de Transmisión 60 KV en la Av. Cultura rumbo a la SEAT - MSA (Mercado Santa Anita)



**FIG . A59:** Se aprecia trabajos de vaciado de concreto para solado de losa de piso - Nave Taller Principal - PTSA



**FIG . A60:** Se aprecian trabajos de montaje de paneles para fachada - Edificio de Oficinas - PTSA



**FIG . A61:** Se observan los trabajos de montaje de vigas de losa de cubierta para pozo de ataque - PTSA



**FIG . A62:** Apreciamos los trabajos de vaciado de concreto para cubierta del Pozo de Ataque - PTSA



**FIG . A63:** Se observan trabajos de excavación para cámara de empalme de la LT 1x60kV en la Av. Huarochirí.  
LT (Línea de Transmisión)



**FIG . A64:** Observamos trabajos de relleno para Pozo de Ataque - Ramal Acceso PTSA



**FIG . A65:** Vista de trabajos de montaje de paneles prefabricados para fachada - Edificio Técnico - PTSA

Nota: El presente panel fotográfico, ha sido elaborado a fin de documentar mediante imágenes las diferentes actividades y procesos constructivos dentro del Área Patio Taller Santa Anita. Al estar ordenadas cronológicamente se puede evidenciar las distintas etapas en la ejecución de los trabajos.

# ANEXO 1.b

(Panel fotográfico de  
seguimiento de actividades en  
Estaciones Subterráneas)

## **PANEL FOTOGRÁFICO DE SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES EN ESTACIONES SUBTERRÁNEAS**



**FIG . A66:** Observamos los trabajos iniciales de excavación en la Estación E-24 - Mercado Santa Anita



**FIG . A67:** Apreciamos el murete guía para pantalla Estación E24 - Mercado Santa Anita



**FIG . A68:** Observamos los trabajos de excavación para el muro pantalla



**FIG . A69:** Se puede apreciar el izaje de la armadura del muro pantalla Estación E24 - Mercado Santa Anita



**FIG . A70:** Observamos el vaciado de concreto del muro pantalla Estación E24 - Mercado Santa Anita



**FIG . A71:** Se observa el picado de muro pantalla para posterior anclaje y vaciado de losa cubierta



**FIG . A72:** Se aprecian los trabajos de armado de acero para losa de cubierta Estación E24 - Mercado Santa Anita



**FIG . A73:** Se observa el vaciado de concreto para losa de cubierta Estación E24 - Mercado Santa Anita



**FIG . A74:** En la foto se aprecia la excavación bajo losa de cubierta Estación E24 - Mercado Santa Anita



**FIG . A75:** En la foto apreciamos la excavación bajo losa de cubierta Estación E24 - Mercado Santa Anita



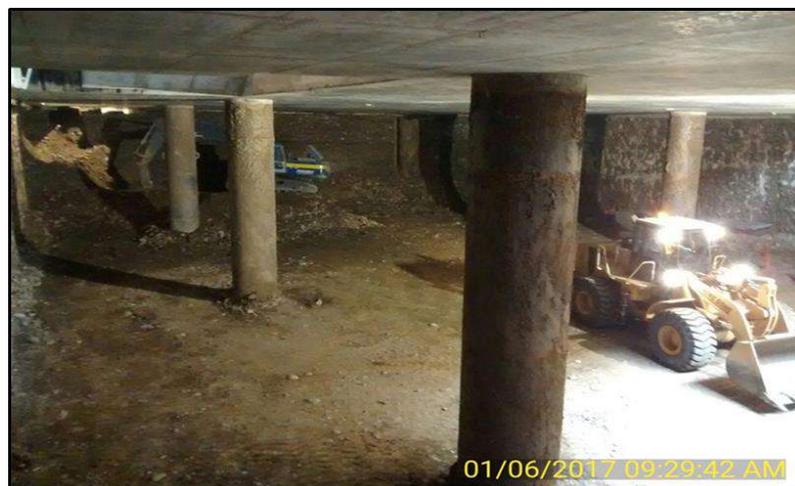
**FIG . A76:** Se observan los trabajos de armado de acero de losa de vestíbulo E-23 Hermilio Valdizán



**FIG . A77:** Vista panorámica de los trabajos de vaciado de concreto para losa de cubierta Estación E24 - Mercado Santa Anita



**FIG . A78:** Observamos en la foto trabajos de excavación debajo de la losa de vestíbulo E-23 Hermilio Valdizán



**FIG . A79:** Podemos apreciar los trabajos de excavación debajo de la losa de vestíbulo E-23 Hermilio Valdizán



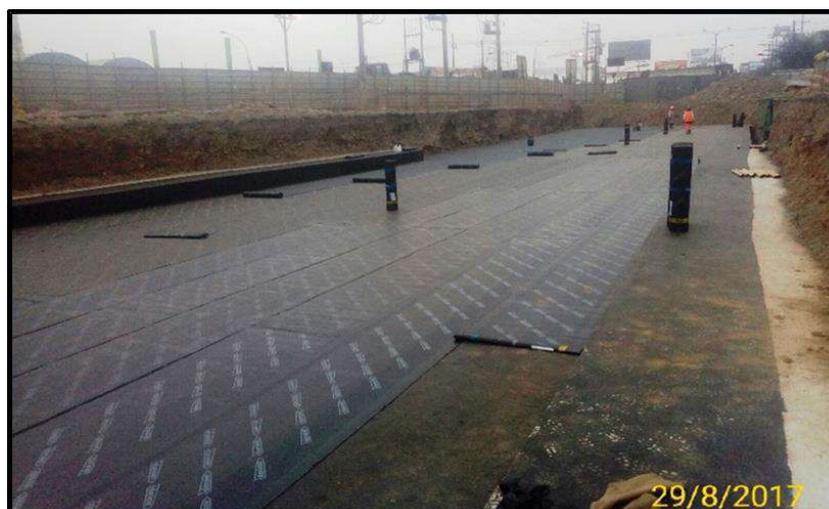
**FIG . A80:** Se observan los trabajos de demolición de muros pantalla para acceso al Túnel



**FIG . A81:** En esta foto se observan los trabajos de excavación para puesta a tierra en losa de fondo E-23 Hermilio Valdizán



**FIG . A82:** Apreciamos los trabajos de curado de concreto en losa de fondo E-23 Hermilio Valdizán



**FIG . A83:** Observamos los trabajos de impermeabilización en losa de cubierta - Estación E24 - Mercado Santa Anita



**FIG . A84:** Aquí apreciamos la Losa de Cubierta - desvío y el habilitado de cerco perimétrico

Nota: El presente panel fotográfico, ha sido elaborado a fin de documentar mediante imágenes las diferentes actividades y procesos constructivos observados en las Estaciones Subterráneas, comprendidas entre las estaciones E-23 (Mercado Santa Anita) y la E-24 (Hermilio Valdizán). Al estar ordenadas cronológicamente se puede observar las distintas etapas en la ejecución de los trabajos.

# ANEXO 1.c

(Panel fotográfico de  
seguimiento de actividades en  
Túnel Subterráneo)

## **PANEL FOTOGRÁFICO DE SEGUIMIENTO DE ACTIVIDADES EN TÚNEL SUBTERRÁNEO**



**FIG . A85:** En la foto apreciamos el inicio de la excavación para la construcción del anillo 1 del PV20



**FIG . A86:** Observamos la colocación de concreto proyectado en PV21



**FIG . A87:** Aquí vemos la colocación de acero de refuerzo en el anillo 1, del PV21



**FIG . A88:** Se observa el vaciado de concreto en la etapa 1 del anillo 1, del PV21



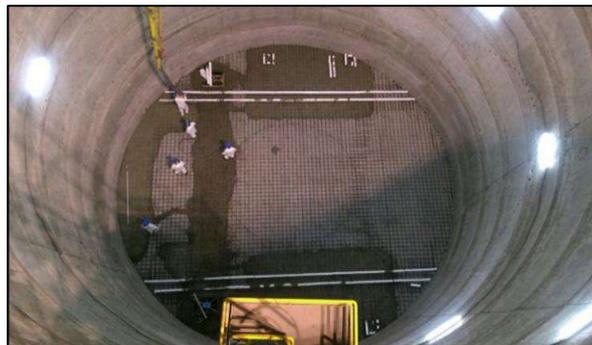
**FIG . A89:** Apreciamos trabajos de excavación para la construcción del anillo 4 del PV23



**FIG . A90:** Se observa la compactación del terreno, finalizado la construcción del anillo 7B del PV21



**FIG . A91:** Se aprecia el armado de acero de refuerzo en la losa de fondo en el PV 21



**FIG . A92:** En la foto se observa el vaciado de concreto de la losa de fondo del PV23



**FIG . A93:** Observamos el curado de la losa de fondo del PV21



**FIG . A94:** En la foto se ven los trabajos de protección de la losa de fondo del PV21



**FIG . A95:** Se aprecian los trabajos de ejecución de paraguas de micropilotes autoperforantes en el emboquille del túnel con el PV20



**FIG . A96:** Se observa la demolición del emboquille o entronque Pozo - Túnel en el lado Ate en el PV20



**FIG . A97:** Observamos la excavación del túnel convencional con el método NATM desde el lado Ate del entronque Pozo - Túnel en el PV20



**FIG . A98:** Se observa en la foto la excavación del túnel convencional con el método NATM desde el lado Callao del entronque Pozo - Túnel en el PV20



**FIG . A99:** En la foto se aprecia la Excavación del túnel convencional con el método NATM



**FIG . A100:** Aquí se observa la colocación de shotcrete en el túnel convencional



**FIG . A101:** Se observa en la foto la excavación del túnel convencional con el método NATM



**FIG . A102:** Apreciamos la colocación de shotcrete en el túnel convencional



**FIG . A103:** Se observa en la foto la colocación de cerchas en el túnel convencional



**FIG . A104:** Observamos la excavación del túnel convencional con el método NATM



**FIG . A105:** Se observan los trabajos de nivelación de la tubería de drenaje en el túnel convencional



**FIG . A106:** Imagen de la colocación de la lámina de PVC para la impermeabilización del Túnel - PV23



**FIG . A107:** Se observan trabajos de armado del acero de refuerzo para contrabóveda en el túnel convencional con el método NATM



**FIG . A108:** Se aprecia el vaciado de concreto de losa de contrabóveda del túnel convencional



**FIG . A109:** Observamos la colocación de concreto para revestimiento secundario con carro de avance



**FIG . A110:** Imagen del encofrado para revestimiento secundario en el túnel convencional



**FIG . A111:** Aquí se aprecia la colocación de inyecciones de contacto en el túnel convencional



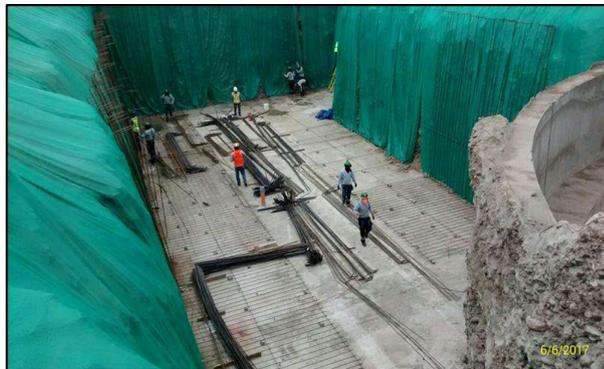
**FIG . A112:** Observamos los trabajos de revestimiento secundario en el túnel convencional



**FIG . A113:** Aquí se observan los trabajos Iniciales de excavación para cámara de ventilación - PV23



**FIG . A114:** La imagen muestra los trabajos de excavación para cámara de ventilación - PV23



**FIG . A115:** Aquí se observa el armado de acero para losa de fondo de cámara de ventilación - PV23 Fase II



**FIG . A116:** Apreciamos el encofrado para muro de Cámara de Ventilación - PV23 Fase II



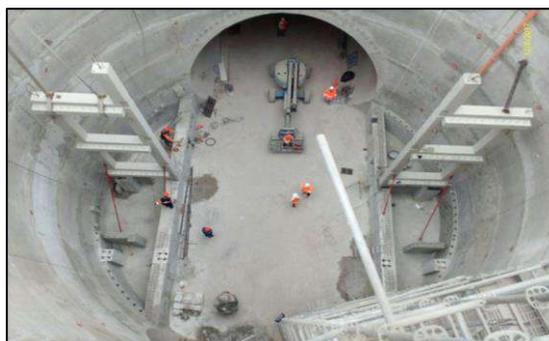
**FIG . A117:** Se aprecia el vaciado de concreto para muros de cámara de ventilación PV21  
Fase II



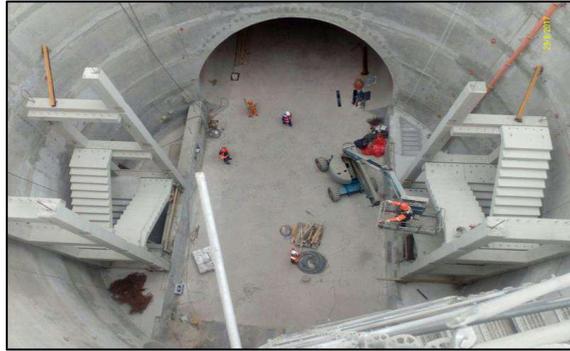
**FIG . A118:** Observamos los trabajos de armado de acero para muros longitudinales  
PV22 Fase II



**FIG . A119:** La imagen muestra los trabajos de encofrado para muros y pedestales PV22  
Fase II



**FIG . A120:** Se aprecian los trabajos de construcción de pórticos, muros y pedestales  
PV23 Fase II



**FIG . A121:** Aquí se muestran los trabajos de construcción de escaleras, pórticos, muros y pedestales en PV23 Fase II



**FIG . A122:** La imagen muestra los trabajos de construcción de escalera, pórticos, muros y vigas en PV21 Fase II



**FIG . A123:** Observamos los trabajos de montaje de vigas en la cámara de ventilación de Pozo - PV23 FASE II

Nota: El presente panel fotográfico, ha sido elaborado a fin de documentar mediante imágenes las diferentes actividades y procesos constructivos observados en Túneles Subterráneos, comprendidas los Pozos de Ventilación PV20, PV21, PV22 Y PV23.

Al estar ordenadas cronológicamente se puede observar las distintas etapas en la ejecución de los trabajos.

# ANEXO 2

## (Principales Ensayos de Calidad – Versión Digital)



Av. Guillermo Dansey N°1660 – Urb. Lima Industrial - Lima - Perú

CJV-TEC-NTX-00015-16

## NOTA EXPLICATIVA

---

A: CONSORCIO SUPERVISOR INTERNACIONAL LÍNEA 2 (CSIL2)

ASUNTO: **Presentación del IT 3028 Instructivo de Ejecución de Prueba de Carga de Fundaciones Profundas de las Estaciones, Rev. 03.**

REFERENCIA: a) ML2-SPV-CARTA-2016-1850 del 20-sep-16  
b) CAR-1599-16-CSIL2-SCML-0

FECHA: Lima, 07 de Octubre de 2016

---

Por medio de la presente lo saludamos cordialmente y asimismo nos dirigimos a usted para comunicarle que con carta de la referencia b) se recibió vuestra revisión al “IT-3028 Rev.01 Instructivo de Ejecución de Prueba de Carga en Fundaciones Profundas de las Estaciones - Etapa 1A”, con estado de calificación de “Rechazado”.

Al respecto, mediante carta de la referencia a), se hizo entrega de la Nota Explicativa CJV-CAL-NTX-00043-16, del IT-3028 Rev.02 Instructivo de Ejecución de Prueba de Carga en Fundaciones Profundas de las Estaciones - Etapa 1A”, así como del documento ML2-CML-01A-D-000-SMSA-OCSTR-DIS-EX9001 Rev.I “Especificaciones para la Ejecución de Prueba de Carga en Pilotes – Estación E24 Mercado de Santa Anita”, para su aprobación.

Posteriormente, se han llevado a cabo dos reuniones de trabajo con personal de su Representada para analizar la información entregada con nuestra carta ML2-SPV-CARTA-2016-1850. En la primera de ellas, sostenida el 29 de septiembre del 2016, se definieron ciertos aspectos técnicos a tener en cuenta para la ejecución de la prueba de carga en la estación E24 Mercado de Santa Anita, las que quedaron plasmadas en el documento “Especificaciones para la Ejecución de Prueba de Carga en Pilotes – Estación 24 Mercado de Santa Anita” Rev.J.

En la última reunión llevada a cabo el 06 de octubre del 2016, la SPV presentó una copia del documento ML2-CML-01A-D-000-SMSA-OCSTR-DIS-EX9001 Rev.J Especificaciones para la Ejecución de Prueba de Carga en Pilotes – Estación 24 Mercado de Santa Anita. Los representantes de la Supervisión manifestaron su conformidad, sin embargo, indicaron que la misma debe presentarse formalmente.

En ese sentido, se presentan en medio impreso y digital para aprobación formal.



Sin otro particular, y agradeciendo la atención que se servirá brindar a la presente, quedamos de usted.

Atentamente,

**Manuel Brea de Diego**  
Gerente de Ingeniería  
Consortio Constructor M2 Lima

---

Adjuntos en físico:

- IT-3028 Rev. 03 Instructivo de ejecución de Prueba de Carga de Fundaciones Profundas de las Estaciones con su respectivo Anexo 1 "Especificación Para Ejecución de Prueba de Carga en Pilote. Estación E24. Mercado Santa Anita".



## ACTIVIDAD

### PRUEBA DE CARGA EN FUNDACIONES PROFUNDAS DE LAS ESTACIONES.

#### 1. Objeto

Este instructivo se aplica para la correcta ejecución de las pruebas de carga en las fundaciones profundas de las estaciones de la Etapa 1A, las cuales seguirán el método de celda de Osterberg.

Los objetivos principales son:

- Establecer una metodología para la correcta ejecución de las pruebas de carga.
- Mantener informado al personal sobre la metodología de trabajo con el fin de lograr un producto que cumpla con los requisitos acordados.

#### 2. Datos básicos

Tal y como lo indican el RNE y los EDI de las estaciones correspondientes, se deberán ejecutar al menos 1 prueba de carga cada 50 elementos, por lo cual se ha acordado que en caso de las estaciones de la etapa 1A se realizara 1 prueba de carga por cada estación siguiendo el método de la celda de Osterberg, La prueba de carga será realizada en un elemento adicional, construido en las adyacencias de cada una de las estaciones.

La Celda de Osterberg u O-cell es un dispositivo de gatos o celdas hidráulicas de sacrificio bidireccionales, calibradas, que se instalan en el interior del pilote de fundación. El ensayo consiste en aplicar incrementos de presión a la celda, la cual genera la fuerza bidireccional y la expansión de la celda; Las mediciones obtenidas son: presión, de la cual se puede obtener la carga en la punta y fuste del elemento, movimientos ascendentes y descendentes, la expansión de la O-Cell y desplazamiento en varios niveles de strain gauges.

Se debe medir los desplazamientos de las placas superiores e inferiores de la celda osterberg de forma de, junto con la medición de la cabeza del pilote, determinar la curva de carga equivalente en cabeza del pilote.

Este ensayo se realiza en conformidad con el Maintained Test para pilotes individuales de la norma "ASTM D1143 Standard Load Test Method for Piles Under Static Axial Load". El Maintained Test (Procedimiento B) se recoge en el artículo 8.1.3 de dicha norma. La gran ventaja de la celda de Osterberg es poder separar automáticamente el comportamiento del fuste y de la punta del pilote.

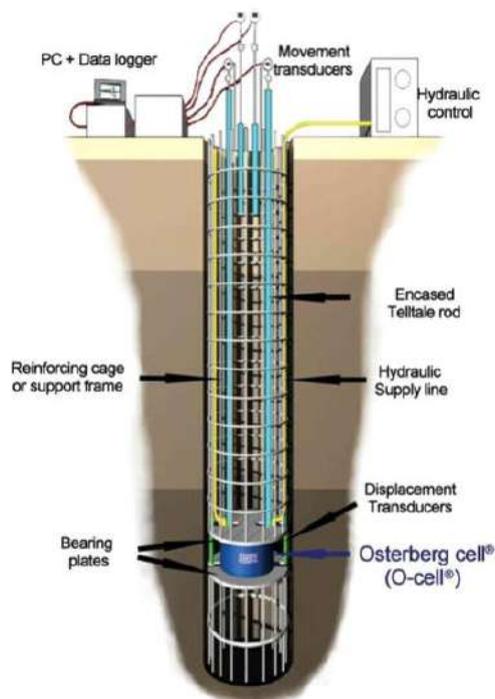


Figura 1 - Configuración general de un pilote – pila-pilote instrumentada para ensayo de O-CELL



ORGANIZACIÓN: METRO DE LIMA - Oficina Central

Debido a que el detalle de la longitud, diámetro, armadura, ubicación de la celda y la ubicación de la instrumentación depende de los parámetros del suelo, así como del diseño mismo de los diferentes elementos de una misma estación, no es posible definir en el presente documento el detalle de cada prueba, sin embargo se indica que para cada una de las estaciones se presentará una Especificación para la Ejecución de Prueba de Carga en Pilote de la Estación XX; emitido por el proyectista, en el cual se presentará como mínimo el siguiente detalle:

- Introducción y alcance
- Datos básicos
- Planteamiento de la prueba de carga
- Perfil longitudinal geotécnico y definición de las características geométricas del pilote a realizar
- Determinación de la carga de hundimiento del pilote
- Cálculo de la resistencia por fuste desarrollada por el pilote ejecutado para la prueba de
- Análisis de las descargas de las pilas-pilotes diseñadas en la estación EXX
- Planteamiento de la prueba de carga
- Ubicación del pilote
- Características geométricas del pilote
- Carga a aplicar
- Instrumentación
- Escalones de carga
- Finalización de la prueba
- Aceptación de los resultados
- Armado de pilote

En el anexo 1 se presenta la Especificación para la Ejecución de la prueba de carga en Pilote. Estación 24. Mercado de Santa Anita; las especificaciones del resto de las estaciones de la Etapa 1A serán presentadas oficialmente según sean desarrolladas y siempre previo a la ejecución de las mismas.

### 3. Ejecución

La ejecución misma de la prueba comienza desde el diseño del ensayo, ya que para cada caso se deberá determinar la correcta ubicación de la celda hidráulica de forma de poder movilizar el máximo de la resistencia por punta y fuste del pilote, siendo la carga de fuste necesaria como parte de la reacción del ensayo, lo cual estará detallado para cada ensayo en una especificación realizada por el Proyectista.

Luego de lo anterior se debe considerar que constructivamente, hay que asegurar un adecuado hormigonado de la punta del pilote bajo la celda, para que pueda reaccionar adecuadamente, lo cual se logra con un arreglo especial del armado, el cual estará en función de las dimensiones de la celda, y que igualmente estará definido en la fase de diseño de cada una de las pruebas.

El montaje de la O-Cell, consiste en la instalación de los dispositivos hidráulicos y la instrumentación (strain gages), mediante abrazaderas de plástico, zip ties o soldados a los cuerpos de la armadura, quedando ajustados para la prueba, asegurando que la O-Cell quede en la cota establecida para el ensayo. La celda de Osterberg consistirá en la O-Cell del tamaño especificado soldada a dos platos metálicos de 50mm de espesor.

El ensayo se ejecuta nunca antes de al menos 7 días de vaciado el elemento, y previo a verificar que el concreto ya tenga una resistencia a compresión simple igual o superior a 34 MPa, que corresponde al 85% de la resistencia de diseño.

Cuando comienza el ensayo la celda es internamente presurizada creando fuerzas equivalentes en ambas direcciones en los componentes del pilote arriba y debajo de la celda. La fuerza unidireccional para una presión interna dada se determina usando el coeficiente de calibración de la celda, el cual viene incluido en el certificado de la calibración de la misma.

A lo largo del ensayo la instrumentación será automáticamente leída cada 30 segundos y la curva carga deformación para el pilote por encima y debajo de la O-cell son graficados en tiempo real.

La expansión de la O-Cell será medida directamente por transductores lineales de desplazamiento de cuerda vibrante (LVWDTs-Geokon model 4450 o similar). Los LVWDTs son fijados en forma rígida a la placa superior y placa inferior de la O-Cell. Los LVWDTs tienen un rango de medición de 250mm y tienen una precisión de lectura de 0,01mm.

La compresión entre la placa superior de la O-Cell y la cabeza del pilote es medida mediante dos dispositivos telltale consistentes en una tubería metálica de  $\frac{1}{2}$ " con una barra interior de  $\frac{1}{4}$ " cada una. El telltale de compresión está monitoreado por los transductores electrónicos de desplazamiento. Los transductores tienen un rango de medición de 50mm y una precisión de lectura de 0,01mm. El desplazamiento del pilote se podrá medir usando un dispositivo similar al telltale que se extienda entre la cabeza del pilote y la superficie del terreno. Una junta deslizante será instalada en la tubería del telltale donde ella cruce el ensamblaje de la O-Cell.

Se instalarán strain gages (Geokon Model 4200 o similar) en diferentes niveles de elevación embebidos dentro de los pilotes de prueba de acuerdo con las especificaciones del proyecto. Los strain gages tendrán un rango de medición de 2500 $\mu\epsilon$  y tendrá una precisión de lectura de 1  $\mu\epsilon$ . Los strain gages estarán localizados al interior de las armaduras.

Durante el ensayo la carga aplicada es determinada según la relación entre la presión hidráulica aplicada y la carga dada por la calibración de la O-Cell. La presión hidráulica aplicada para cada intervalo de carga será medida mediante un manómetro tipo Bourdon y un transductor electrónico de presión. El transductor de presión será utilizado para tener una lectura y control automático de las cargas. El manómetro Bourdon se utilizará para un chequeo visual.

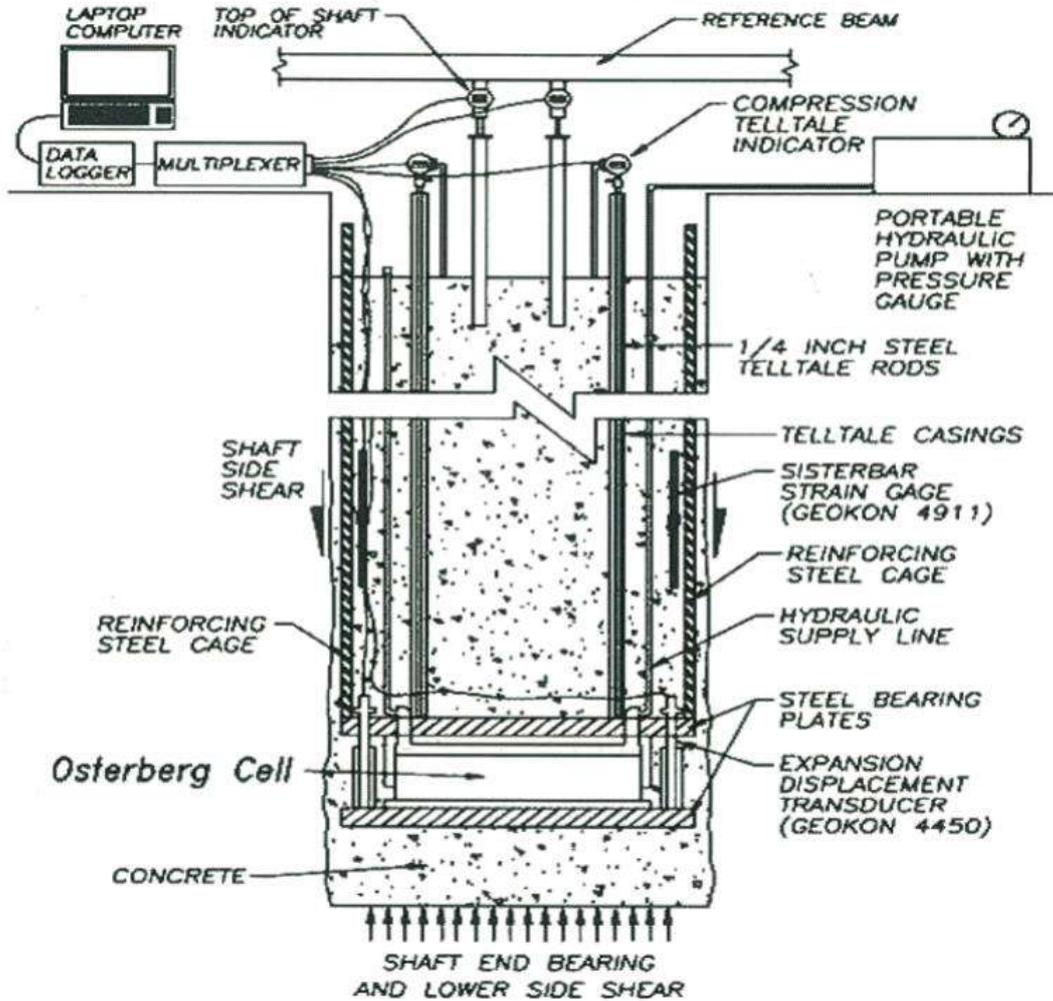


Figura 2 – Esquema de la instrumentación

El movimiento absoluto de la cabeza del pilote será medido usando un par de niveles topográficos digitales automáticos (Leica NA 3000 series o similar). Los niveles topográficos monitorearán una barra rígida invariante montada en la cabeza del pilote desde una distancia mínima dada por cinco veces el diámetro del pilote medido desde su eje axial. Los niveles automáticos tendrán un rango mínimo de medición de 150 mm y una presión de lectura de 0,01mm.



Figura 3 – Cabeza del pilote de prueba con instrumentación y cableado.



#### 4. Criterios de aceptación

#### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Se generara un informe con los resultados de cada ensayo entregado los resultados de carga-deformación para una carga equivalente en la cabeza del pilote, carga-tiempo y desplazamiento-tiempo. También se presentara la distribución de carga a los largo del pilote de acuerdo a lo medido por la instrumentación.

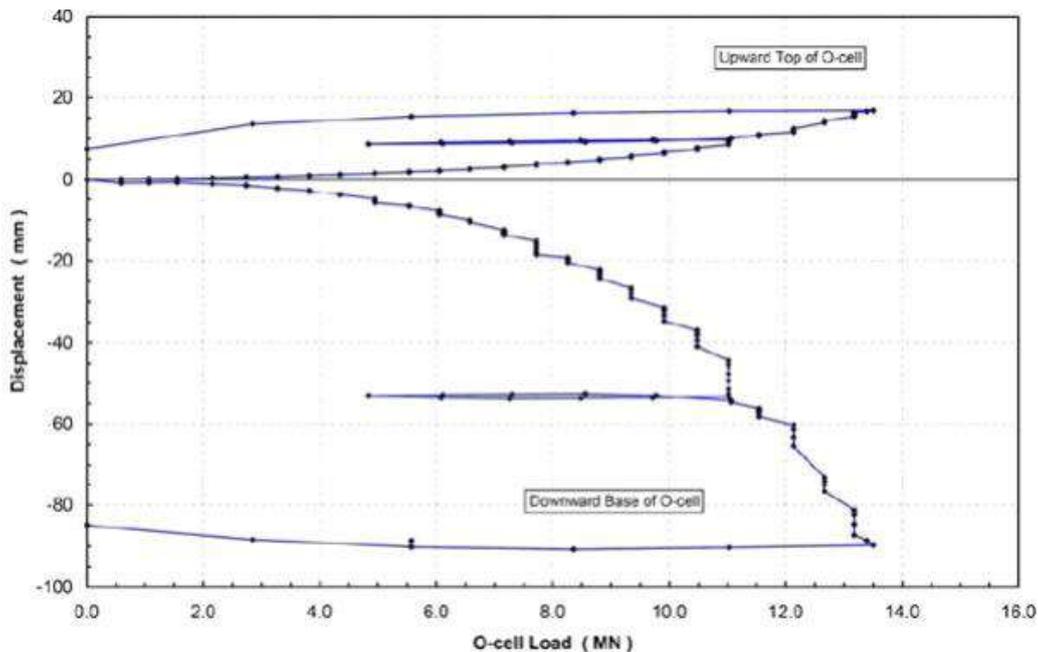


Figura 4 – Curva carga-deformación por encima y por debajo de la celda de carga.

Los criterios de aceptación de la prueba están relacionados en cada caso con los parámetros de carga de diseño de la fundación profunda ensayada, considerando una prueba como Satisfactoria siempre que los valores de la resistencia por punta y fuste obtenidos en la prueba sean mayores o iguales a los considerados en los cálculos del elemento.

#### 5. Croquis

No aplica para este instructivo.

#### 6. Documentos relacionados

##### Otros documentos relacionados:

Todas las actividades contarán con las capacitaciones, charlas y documentos necesarios para la identificación de riesgos, debiendo en todo momento cumplir con:

- Procedimiento de Seguridad para la Construcción de Pilas Pilote de Concreto Armado sin camisa de Encofrado Perdida (código ML2-CJV-SST-PE-019), en su revisión vigente.
- Plan de Emergencia para la construcción de Estaciones (código ML2-CJV-SST-PL-013), en su revisión vigente y
- Matriz IPERC para la Construcción de Pilas Pilote de Concreto Armado sin camisa de Encofrado Perdida (código ML2-CJV-SST-IP-027) en su revisión vigente.



CONSORCIO  
CONSTRUCTOR  
M2  
LIMA

**INSTRUCTIVO**  
Formato 341 (Edición 1)

Número: IT-3028  
Revisión: 03  
Fecha: 07/10/2016  
Hoja N° 5 de 5

ORGANIZACIÓN: METRO DE LIMA - Oficina Central

Todas la actividades serán verificadas y fiscalizadas desde el punto de vista ambiental por el personal de experiencia, debiendo cumplir en todo momentos con las normativas, manuales, instructivos y leyes locales que apliquen.

**7. Anexos**

**ANEXO N°1:** Especificación para ejecución de prueba de carga en pilote. Estación E24. Mercado Sta Anita.

Realizado	Revisado	Aprobado
Nombre: Jose Carlos Garcia	Nombre: Pedro Maria Gonzalez	Nombre: Alvaro Montufar Valer
Cargo: Control de Calidad - Estaciones	Cargo: Gerente de Obra - Estaciones	Cargo: Ing. Residente
Firma: 	Firma: 	Firma: 
Fecha: 07/10/2016	Fecha: 07/10/2015	Fecha: 07/10/2016

ALVARO MONTUFAR VALER  
INGENIERO CIVIL  
Reg CIP N° 116994

## **ANEXO 1**

# Línea 2 y Ramal Av. Faucett - Av. Gambetta de la Red Básica del Metro de Lima y Callao



CONCESIONARIO:



CONSORCIO EPC:



LOGO SOCIEDAD(ES) REDACTORA(S):



FIRMAS REVISIÓN VIGENTE

  
 NEMESIO JAVIER SEGOVIA VACUPO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N.º 91394-T

  
 SEBASTIÁN RIBOT FLORIT  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N.º 91394-T

  
 Consorcio Constructor M2 Lima  
 Manuel Brea  
 Gte. de Ingeniería

REV.	FECHA	MOTIVO DE LA EMISIÓN	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
J	OCT 2016	Emitido para aprobación	Nemesio SEGOVIA	Sebastián RIBOT	Manuel BREA
I	SEPT 2016	Emitido para aprobación	Nemesio SEGOVIA	Sebastián RIBOT	Manuel BREA
H	AGO 2016	Emitido para aprobación	Nemesio SEGOVIA	Sebastián RIBOT	Manuel BREA
G	JUN 2016	Emitido para aprobación	Nemesio SEGOVIA	Sebastián RIBOT	Manuel BREA

## ESPECIFICACIÓN PARA EJECUCIÓN DE PRUEBA DE CARGA EN PILOTE. ESTACIÓN E24. MERCADO STA ANITA

Código:

Proyecto	Emisor	Número	Rev.	Fecha
M L 2	C M L	9 0 0 1	- J	OCT. 2016

Atributos:

Etapa	Fase	Referencia	Área	Sistema/Subsistema	Actividad	Tipo
0 1 A	D	0 0 0	S M S A	O C S T R	D I S	E X

<b>CONTROL DE CAMBIOS</b>		
<b>Nº Rev</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fecha</b>
D	Emitido para aprobación	ABRIL 2016
E	Emitido para aprobación	MAYO 2016
F	Emitido para aprobación	JUNIO 2016
G	Emitido para aprobación	JUNIO 2016
H	Emitido para aprobación	AGOSTO 2016
I	Emitido para aprobación	SEPTIEMBRE 2016
J	Emitido para aprobación	OCTUBRE 2016

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN Y ALCANCE</b> .....	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>DATOS BÁSICOS</b> .....	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DE LA PRUEBA DE CARGA</b> .....	<b>8</b>
3.1	Perfil longitudinal geotécnico y definición de las características geométricas del pilote a realizar	8
3.2	Análisis de las descargas de las pilas-pilotes diseñadas en la estación e24.....	9
3.3	Análisis de la resistencia por fuste desarrollada por el pilote.....	13
3.3.1	Planteamiento.....	13
3.3.2	Aplicación de carga en pila-pilote.....	14
3.3.3	Aplicación de carga en pilote de diámetro 1.80 m.....	15
3.3.4	Resumen de los casos estudiados.....	17
3.4	Planteamiento de la prueba de carga.....	18
3.4.1	Ubicación del pilote.....	18
3.4.2	Características geométricas del pilote.....	18
3.4.3	Carga a aplicar.....	18
3.4.4	Instrumentación.....	19
3.4.5	Escalones de carga.....	20
3.4.6	Finalización de la prueba.....	21
3.4.7	Aceptación de los resultados.....	21
3.4.8	Características de la célula de carga.....	21
3.4.9	Características de las Strain Gage.....	21
3.4.10	Armado de pilote.....	22
<b>4.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>23</b>
4.1	ANEXO 1: EXTRACTO DEL CÁLCULO DE LAS PILAS-PILOTE DE LA ESTACIÓN E24. MERCADO SANTA ANITA.....	24
4.2	ANEXO 2: REPORTAJE FOTOGRÁFICO.....	25
4.3	ANEXO 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS STRAIN GAGE.....	26
4.4	ANEXO 4: CATÁLOGO DE CÉLULA DE CARGA.....	27
4.5	ANEXO 5: PLANO DE ARMADURA DEL PILOTE.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Configuración general de un pilote instrumentado para ensayo de O-Cell ....	7
Figura 2: Perfil longitudinal geológico de la estación E-24 (Plano ML2-CML-01A-C-010-SMSA-OCSTR-DIS-PL-2305) .....	8
Figura 3: Gráfico de la carga transferida de la estructura a las pilas-pilote .....	10
Figura 4: Gráficos de O'Neill and Reese, 1999 .....	11
Figura 5: Esquema de aplicación de la carga.....	14
Figura 6: Esquema de cargas en configuración de pila-pilote .....	14
Figura 7: Esquema de cargas en configuración de pilote de 1.80 m de diámetro .....	16
Figura 8: Resumen de casos estudiados .....	17

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Columnas de unidades geotécnicas en el punto inicial, medio y final de la Estación Mercado de Santa Anita, E-24 (Documento ML2-CML-01A-C-010-SMSA-OCSTR-DIS-IT-3050) .....	8
Tabla 2. Carga transferida de la estructura a las pilas-pilote de la Estación Mercado Santa Anita (E-24) .....	9
Tabla 3. Valores característicos de la carga transferida de la estructura a las pilas-pilote .....	9
Tabla 4. Reparto de carga por punta – carga por fuste (Documento ML2-CML-01A-C-010-SMSA-OCSTR-DIS-IT-3060).....	11
Tabla 5. Coeficientes de seguridad EN-1997-1 .....	13
Tabla 7. Ubicación de los extensómetros.....	19
Tabla 8. Ubicación de medidores de deformación unitaria.....	20

## **1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCE**

El presente documento tiene por objeto definir en detalle la prueba de carga estática a realizar en los pilotes a ejecutar en la Estación E24 de Mercado Santa Anita.

La prueba de carga estática tiene por objeto comprobar la capacidad portante del terreno para pilotes de concreto in situ. Dichos ensayos son una herramienta muy valiosa para la determinación de la resistencia por punta y por fuste de las fundaciones profundas.

La prueba de carga se realizará mediante la utilización de una célula de Osterberg. Básicamente consiste en la aplicación de una carga y el estudio de las deformaciones provocadas por dicha carga en la estructura estudiada.

Específicamente se realizará un ensayo de carga bidireccional, utilizando para ello el método de la Célula de Osterberg (O-cell).

## 2. DATOS BÁSICOS

Tal y como se indica en los EDI de las estaciones correspondientes se llevará a cabo una prueba de carga en pilotes. En este sentido, se acordó que en caso de las estaciones de la Etapa 1A se realizará 1 prueba de carga por cada estación siguiendo el método de la Célula de Osterberg, en un elemento adicional, construido en las adyacencias de cada una de las estaciones.

La Célula de Osterberg u O-Cell es un dispositivo de gatos o celdas hidráulicas de sacrificio bidireccionales, calibradas, que se instalan en el interior del pilote de fundación. El ensayo consiste en aplicar incrementos de presión a la celda, la cual genera la fuerza bidireccional y la expansión de la celda.

Las mediciones obtenidas son:

- Presión en la célula, de la cual se puede obtener la carga en punta y fuste del pilote
- Movimientos ascendentes y descendentes
- La expansión de la O-Cell y desplazamiento en varios niveles de strain gauges

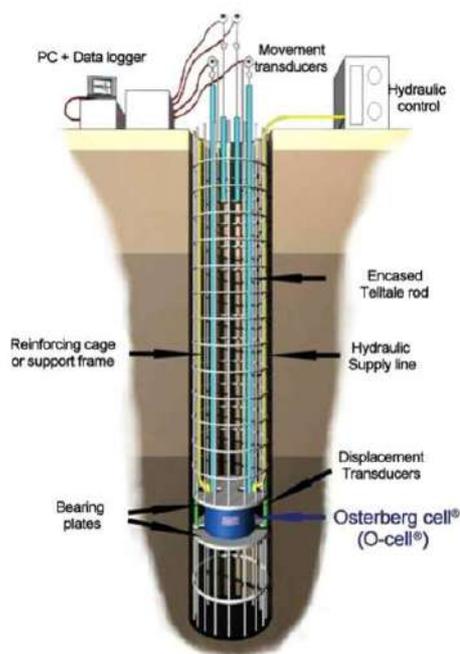
Se debe medir los desplazamientos de las placas superiores e inferiores de la célula de Osterberg de forma que, junto con la medición de la cabeza del pilote, se pueda determinar la curva de carga equivalente en cabeza del pilote.

Este ensayo se realiza en conformidad con el Quick Load Test Method para pilotes individuales de la norma "ASTM D1143 Standard Load Test Method for Piles Under Static Axial Load". El Quick Load Test Method (Procedimiento A) se recoge en el artículo 8.1.2 de dicha norma. Se adjunta el artículo a continuación:

### **8.1.2 Procedure A: Quick Test**

***Apply the test load in increments of 5% of the anticipated failure load. Add each load increment in a continuous fashion and immediately following the completion of movement readings for the previous load interval. Add load increments until reaching a failure load but do not exceed the safe structural capacity of the pile, pile group, or loading apparatus. During each load interval, keep the load constant for a time interval of not less than 4 min and not more than 15 min, using the same time interval for all loading increments throughout the test. Remove the load in five to ten approximately equal decrements, keeping the load constant for a time interval of not less than 4 min and not more than 15 min, using the same time interval for all unloading decrements. Consider longer time intervals for the failure load to assess creep behavior and for the final zero load to assess rebound behavior.***

Cabe destacar que la gran ventaja de la Célula de Osterberg es poder separar automáticamente el comportamiento del fuste y de la punta del pilote.



**Figura 1: Configuración general de un pilote instrumentado para ensayo de O-Cell**

Es importante señalar que el objeto del ensayo es la comprobación de la capacidad portante del terreno, no la integridad del pilote estructural. Para la determinación de la integridad y homogeneidad de fundaciones profundas, se recurre a ensayos de integridad sísmica por ser la técnica más precisa.

### 3. PLANTEAMIENTO DE LA PRUEBA DE CARGA

A continuación, se procede a la exposición del planteamiento de la prueba de carga para la Estación Mercado Santa Anita (E-24).

#### 3.1 PERFIL LONGITUDINAL GEOTÉCNICO Y DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL PILOTE A REALIZAR

Primeramente, se expone el perfil longitudinal geotécnico para la zona de la estación E-24.

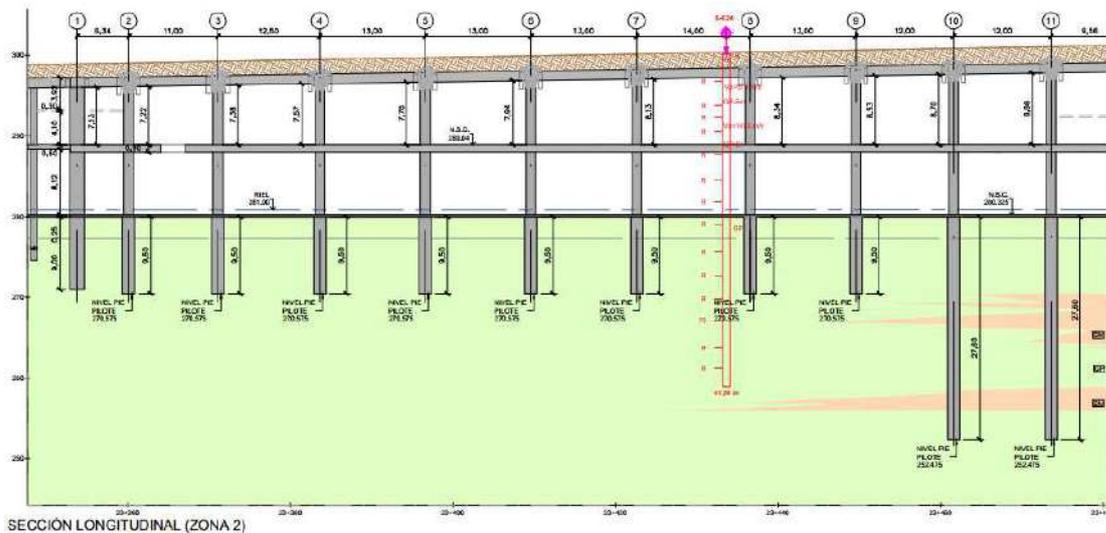


Figura 2: Perfil longitudinal geológico de la estación E-24 (Plano ML2-CML-01A-C-010-SMSA-OCSTR-DIS-PL-2305)

Estación	Columna estratigráfica tipo											
	Punto Inicial (PROG. 23+336)				Punto Medio (PROG. 23+415)				Punto Fin (PROG. 23+493)			
	Prof. Inicio (m)	Prof. Fin (m)	Long. (m)	Unidad	Prof. Inicio (m)	Prof. Fin (m)	Long. (m)	Unidad	Prof. Inicio (m)	Prof. Fin (m)	Long. (m)	Unidad
Estación 24- Mercado Santa Anita	0	1,5	1,5	R	0	1,7	1,7	R	0	1,7	1,7	R
	1,5	3,3	1,8	GP-Ss	1,7	2,6	0,9	GP-Ss	1,7	2,5	0,8	GP-Ss
	3,3	9,7	6,4	GP-Sm	2,6	8,7	6,1	GP-Sm	2,5	8,5	6	GP-Sm
	9,7	> 56,0	>46,3	GP-Sf	8,7	> 56,0	>47,3	GP-Sf	8,5	30,6	22,1	GP-Sf
									30,6	37	6,4	SM
									37	42,3	5,3	GP-Sf
									42,3	45,3	3	SM
									45,3	48,5	3,2	GP-Sf
								48,5	49,5	1	SM	
								49,5	> 56,0	> 6,5	GP-Sf	

Tabla 1. Columnas de unidades geotécnicas en el punto inicial, medio y final de la Estación Mercado de Santa Anita, E-24 (Documento ML2-CML-01A-C-010-SMSA-OCSTR-DIS-IT-3050)

Como se puede observar en la estratigrafía, la gran mayoría de los pilotes de la estación E-24 Mercado Santa Anita se encuentran empotrados en las gravas densas. Por este motivo, se propone ensayar un pilote con este condicionante.

El pilote será ejecutado desde superficie, llegando a la misma profundidad donde se sitúan las pilas-pilote de la estación.

### 3.2 ANÁLISIS DE LAS DESCARGAS DE LAS PILAS-PILOTES DISEÑADAS EN LA ESTACIÓN E24

En la estación de Mercado Santa Anita (E-24), en la zona del cuerpo de la estación, tenemos las siguientes cargas que transmite la estructura a la pila-pilote:

Nº Pila-Pilote	Descargas ELS(kN)
2-B	12254
3-B	17461.9
4-B	19261
5-B	18927.8
6-B	17752.1
7-B	18715.7
8-B	19049.1
9-B	17036
10-B	17054.3
11-B	15311.8
2-D	12031.7
3-D	17528.3
4-D	19278.9
5-D	18821.2
6-D	17742.8
7-D	18646.7
8-D	18978.1
9-D	17007.6
10-D	17097.3
11-D	16461.1

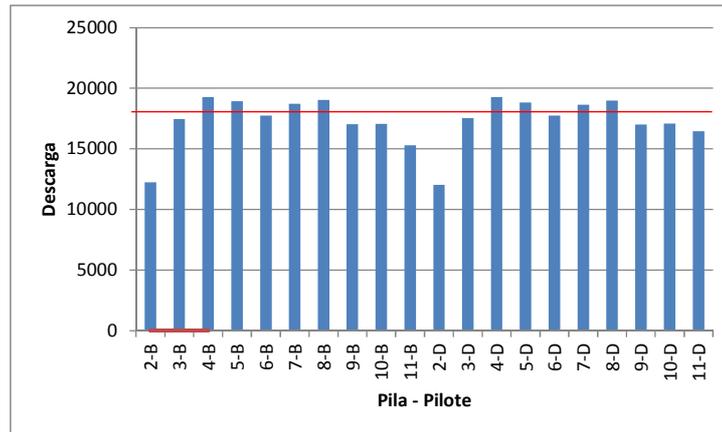
**Tabla 2. Carga transferida de la estructura a las pilas-pilote de la Estación Mercado Santa Anita (E-24)**

Estos datos suponen:

Promedio	17320.9 kN
Valor máximo	19278.9 kN
Valor mínimo	12031.7 kN
Desv. Típica	1865.74 kN

**Tabla 3. Valores característicos de la carga transferida de la estructura a las pilas-pilote**

Si ponemos todos los datos en un mismo gráfico, lo que se obtiene es lo siguiente:



**Figura 3: Gráfico de la carga transferida de la estructura a las pilas-pilote**

A partir de aquí, para cada uno de los pilotes se ha calculado la carga soportada por la punta del pilote y la que es soportada por el fuste del pilote.

Para ello, se realiza el cálculo mediante la metodología recogida en la AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICACIONES – 2012, basada en la estimación del asiento del pilote [Método de O’Neill y Reese (1999)].

Este método se basa en la premisa de que el asiento total para un pilote perforado se compone de asiento por punta y asiento elástico. El asiento por punta se debe a la deformación del terreno bajo la carga que se transmite desde la punta del pilote. Según O’Neill y Reese (1999), dependiendo del asiento de la punta del pilote se desarrollará un porcentaje mayor o menor de la carga máxima por punta y por fuste.

La resistencia por fuste es provocada por la deformación por cortante directo del terreno debido al rozamiento suelo-pilote, y por tanto puede desarrollarse por completo dado un pequeño asiento del pilote. Por el contrario, la resistencia por punta es prácticamente un problema de capacidad portante, y por tanto necesita asientos mayores para desarrollarse por completo.

Los ábacos proporcionados por los autores son los siguientes:

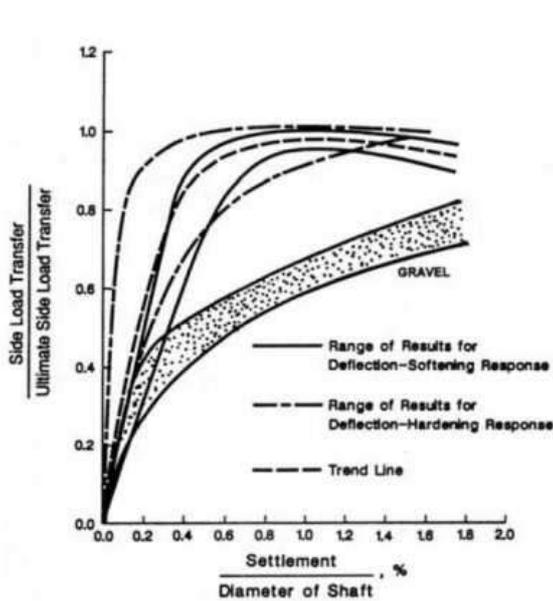


Figure 10.8.2.2.2-3—Normalized Load Transfer in Side Resistance versus Settlement in Cohesionless Soils (from O'Neill and Reese, 1999)

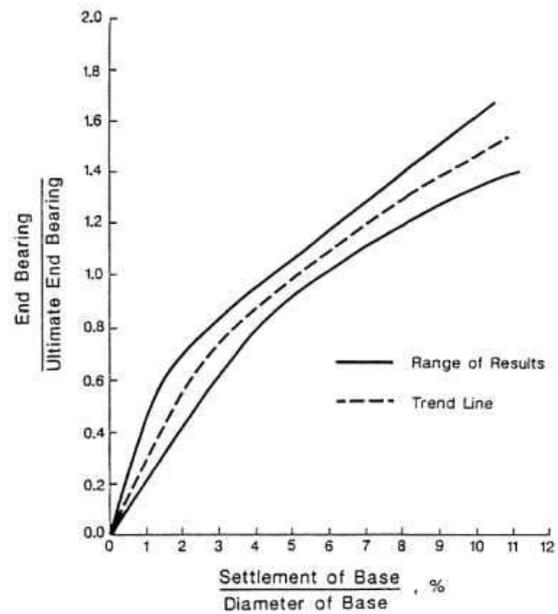


Figure 10.8.2.2.2-4—Normalized Load Transfer in End Bearing versus Settlement in Cohesionless Soils (from O'Neill and Reese, 1999)

Figura 4: Gráficos de O'Neill and Reese, 1999

Para las gravas GP-Sf se ha considerado la curva superior de la franja de gravas (“gravel”) del ábaco de la izquierda, de resistencia movilizada por fuste frente a asiento, debido a que son gravas muy compactas.

En el ábaco de la derecha, que enfrenta carga movilizada por punta frente a asiento, se ha tenido en cuenta la curva media del rango presentado (“trend line”).

Nº Pila-Pilote	Descargas ELS(kN)	Asiento estimado (cm)	s/D	Qf/Qfu	Qf (kN)	Qp/Qpu	Qp (kN)	Qttotal (kN)	% Qf	% Qp
2-B	12254	2.05	1.14%	0.67	3028.2	0.24	9225.8	12254.0	24.71%	75.29%
3-B	17461.9	2.50	1.39%	0.73	3308.1	0.37	14153.8	17461.9	18.94%	81.06%
4-B	19261	3.10	1.72%	0.80	3613.5	0.41	15647.5	19261.0	18.76%	81.24%
5-B	18927.8	3.00	1.67%	0.79	3562.6	0.40	15365.2	18927.8	18.82%	81.18%
6-B	17752.1	2.70	1.50%	0.75	3409.9	0.37	14342.2	17752.1	19.21%	80.79%
7-B	18715.7	2.90	1.61%	0.78	3511.7	0.40	15204.0	18715.7	18.76%	81.24%
8-B	19049.1	3.00	1.67%	0.79	3562.6	0.40	15486.5	19049.1	18.70%	81.30%
9-B	17036	2.30	1.28%	0.71	3206.3	0.36	13829.7	17036.0	18.82%	81.18%
10-B	17054.3	2.30	1.28%	0.71	3206.3	0.36	13848.0	17054.3	18.80%	81.20%
11-B	15311.8	2.15	1.19%	0.69	3104.5	0.32	12207.3	15311.8	20.28%	79.72%
2-D	12031.7	1.90	1.06%	0.67	3028.2	0.23	9003.5	12031.7	25.17%	74.83%
3-D	17528.3	2.50	1.39%	0.73	3308.1	0.37	14220.2	17528.3	18.87%	81.13%
4-D	19278.9	3.10	1.72%	0.80	3613.5	0.41	15665.4	19278.9	18.74%	81.26%
5-D	18821.2	3.00	1.67%	0.79	3562.6	0.40	15258.6	18821.2	18.93%	81.07%
6-D	17742.8	2.60	1.44%	0.75	3409.9	0.37	14332.9	17742.8	19.22%	80.78%
7-D	18646.7	2.90	1.61%	0.78	3511.7	0.39	15135.0	18646.7	18.83%	81.17%
8-D	18978.1	3.00	1.67%	0.79	3562.6	0.40	15415.5	18978.1	18.77%	81.23%
9-D	17007.6	2.30	1.28%	0.71	3206.3	0.36	13801.3	17007.6	18.85%	81.15%
10-D	17097.3	2.30	1.28%	0.71	3206.3	0.36	13891.0	17097.3	18.75%	81.25%
11-D	16461.1	2.15	1.19%	0.69	3104.5	0.35	13356.6	16461.1	18.86%	81.14%

Tabla 4. Reparto de carga por punta – carga por fuste (Documento ML2-CML-01A-C-010-SMSA-OCSTR-DIS-IT-3060)

Como se puede observar, para todas las pilas-pilote de la estación, **aproximadamente el 80% de la carga introducida en la cabeza del pilote es absorbida por la punta**, mientras que el 20% restante es resistido por el fuste del pilote.

Como se vio anteriormente, la pila-pilote 4-D recibe la mayor carga proveniente de la estructura. En consecuencia, también transmite la mayor carga en punta al terreno. Son 15.665,4 kN. Esta carga supone la siguiente tensión en el terreno:

$$\sigma_{punta} = \frac{Q_{punta}}{A_{pilote}} = \frac{15.665,4kN}{\pi \cdot \frac{(1,8m)^2}{4}} = 6,16MPa$$

Como se ha comentado anteriormente, **el objeto de la prueba de carga es comprobar la interacción suelo-pilote (capacidad portante del terreno)**, y para ello en el ítem 2 “Datos Básicos” del presente documento, se indica que se utilizará el ensayo descrito en el Quick Load Test Method para pilotes individuales de la norma “ASTM D1143 Standard Load Test Method for Piles Under Static Axial Load”.

A grandes rasgos, el procedimiento consiste en aplicar al pilote una carga incrementar hasta llegar a la “carga de fallo” (failure load). La norma ASTM D1143 define esta carga en su artículo 3.2.4 de la siguiente manera:

#### **3.2.4 Failure load**

*For the purpose of terminating an axial compressive load test, the test load at which rapid continuing, progressive movement occurs, or at which the total axial movement exceeds 15 % of the pile diameter or width, or as specified by the engineer.*

Tal y como se indica en el artículo 3.2.4, la “carga de fallo” (failure load), puede ser especificada por “the engineer”. La figura de “the engineer” viene definida en la norma en su artículo 1.2 como el ingeniero que diseña la cimentación, en este caso, las pilas-pilote:

**1.2 This standard provides minimum requirements for testing deep foundations under static axial compressive load.**

*Plans, specifications, and/or provisions prepared by a qualified engineer may provide additional requirements and procedures as needed to satisfy the objectives of a particular test program. The engineer in responsible charge of the foundation design, referred to herein as the Engineer, shall approve any deviations, deletions, or additions to the requirements of this standard.*

Para el caso que nos ocupa, y con el fin de comprobar la capacidad resistente del terreno, la carga de fallo (failure load) se considera como la tensión transmitida por la pila pilote más cargado de la estación (Pila-Pilote 4D) al terreno situado en la punta del pilote, mayorada por

el coeficiente de seguridad considerado por la normativa correspondiente. En este caso, se utilizan los coeficientes de seguridad recogidos en la EN-1997-1:

<b>Tabla de Coeficientes EN-1997-1</b>			
	Factor Parcial	Factor Modelo	Factor Seguridad
Punta	1.25	1.40	1.75
Fuste	1.00	1.40	1.40

**Tabla 5. Coeficientes de seguridad EN-1997-1**

Aplicando el coeficiente de 1,75 para la punta, se obtiene una tensión por punta (tensión de fallo) de:

$$1,75 \times 6,16 \text{ MPa} = 10,78 \text{ MPa}$$

$$(10,78 \text{ MPa} \times A_{\text{pilote}(\phi=1.80\text{m})}) = 27.431,76 \text{ kN}$$

Con la aplicación de una tensión en la punta del pilote de 10,78 MPa se asegura la capacidad por punta para el pilote considerada en los cálculos. **Esta tensión de 10,78 MPa es la considerada por el ingeniero como “tensión de fallo” y por tanto la mínima que debería aplicarse en el ensayo de carga mediante la célula de Osterberg.**

Para pasar de carga de fallo a partir de la tensión en punta de fallo, simplemente hay que multiplicar la tensión de fallo por el área de la punta del pilote.

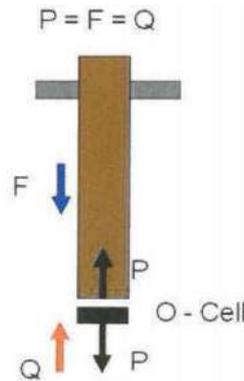
### 3.3 ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA POR FUSTE DESARROLLADA POR EL PILOTE

#### 3.3.1 Planteamiento

Una vez obtenida la tensión por punta que debe garantizarse en el pie del pilote, se procede a analizar diversas alternativas de cara a poder decidir las condiciones de la prueba de carga. Se analizarán los siguientes casos:

- Aplicación de carga en pila-pilote, simulando las condiciones en las que se ejecutan en la estación. Esto es:
  - Pila de diámetro de 1.20 m de 20 m de profundidad, con camisa metálica de 6 mm de espesor
  - Pilote de diámetro de 1.80 m de 9 m de profundidad
- Aplicación de carga en pilote de diámetro 1.80 m

Antes de proceder al análisis, cabe señalar que el esquema de aplicación de carga mediante la célula de Osterberg es el siguiente:



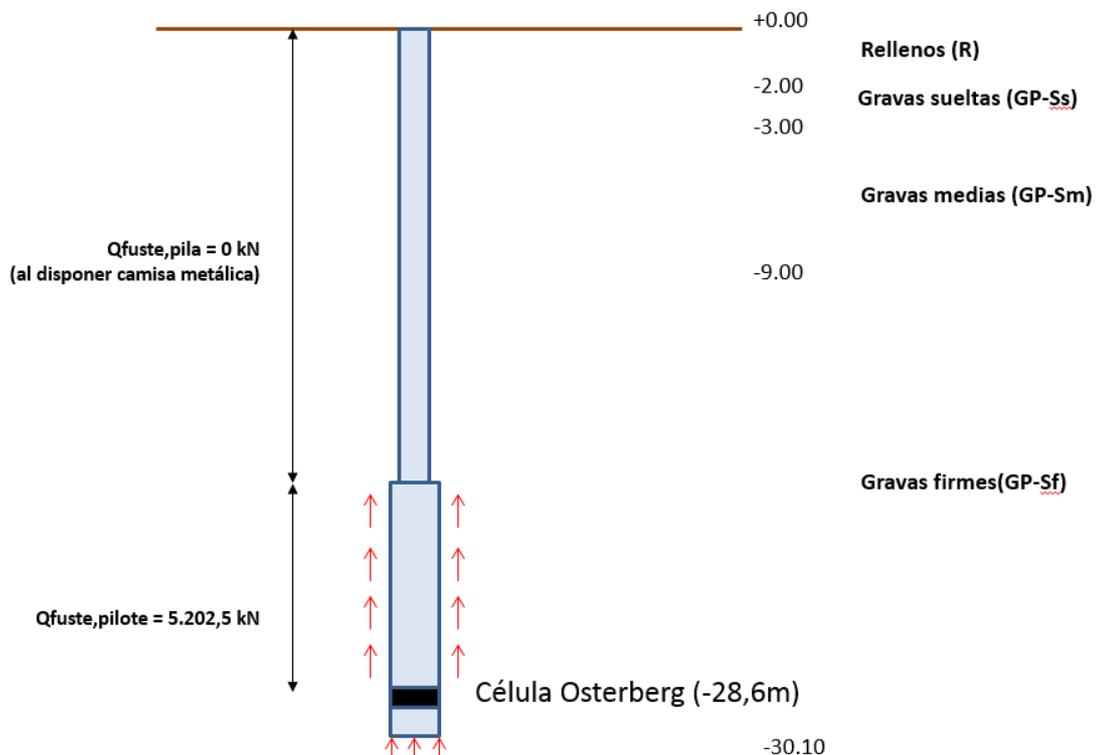
**Figura 5: Esquema de aplicación de la carga**

Es importante tener claro el esquema de aplicación de la carga, ya que es determinante que la carga que se aplique para asegurar la punta del pilote debe ser contrarrestada por el fuste del pilote. En el momento en el que el fuste no sea capaz de resistir la carga aplicada por la célula, el pilote comenzará a levantarse, con lo que la prueba de carga no habrá conseguido su fin.

### 3.3.2 Aplicación de carga en pila-pilote

En este apartado se analiza la capacidad de carga por fuste desarrollada bajo un esquema pila-pilote, ejecutado desde superficie y con una sección en pila de 1.20m y en pilote de 1.80 m de diámetro.

Según los cálculos presentados en el documento ML2-CML-01A-C-010-SMSA-OCSTR-DIS-IT-3060, se tienen el siguiente esquema de cargas:



**Figura 6: Esquema de cargas en configuración de pila-pilote**

Tal y como se ha analizado anteriormente, la tensión a aplicar en la célula de Osterberg es de 10,78 MPa (27.431,76 kN).

Teniendo en cuenta que la célula de Osterberg se colocará aproximadamente a 1.50 m de la base del pilote, se puede comprobar que el fuste desarrollado (5.202,5 kN) no llega a cubrir la resistencia requerida para la prueba de carga.

Con esto se concluye que **no es factible realizar la prueba de carga en el esquema de pila-pilote.**

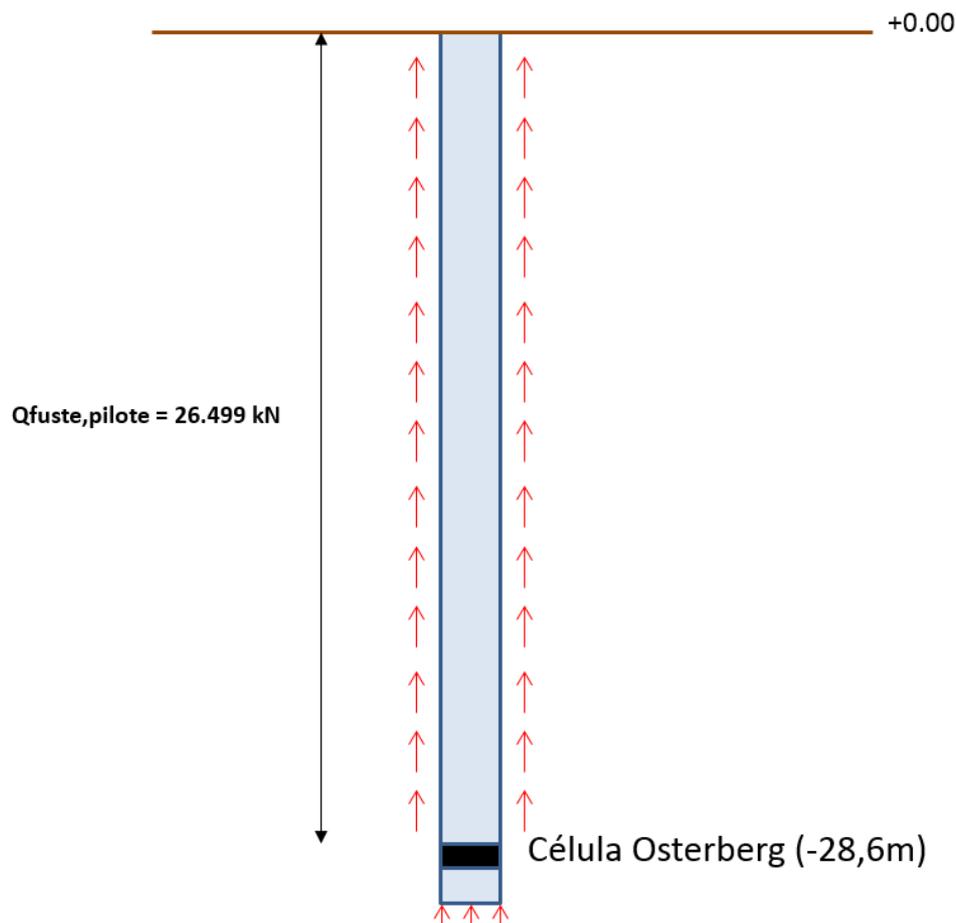
### 3.3.3 Aplicación de carga en pilote de diámetro 1.80 m

En este apartado se analiza la capacidad de carga por fuste desarrollada por un pilote ejecutado desde superficie y de 1.80 m de diámetro.

Cota (m)		Resistencia Unitaria	Q <sub>F</sub>	Q <sub>F</sub> ACUMULADA
De	A	qf (kN/m <sup>2</sup> )	1.80	
0	1	9.10	51.46	51.46
1	2	33.00	186.61	238.07
2	3	54.70	309.32	547.39
3	4	62.30	352.30	899.69
4	5	69.90	395.28	1294.96
5	6	77.50	438.25	1733.22
6	7	85.10	481.23	2214.45
7	8	105.20	594.89	2809.34
8	9	118.80	671.80	3481.14
9	10	127.40	720.43	4201.57
10	11	136.00	769.06	4970.63
11	12	144.70	818.26	5788.89
12	13	153.30	866.89	6655.78
13	14	161.90	915.52	7571.30
14	15	170.50	964.15	8535.46
15	16	179.20	1013.35	9548.81
16	17	187.80	1061.98	10610.79
17	18	196.40	1110.62	11721.41
18	19	205.00	1159.25	12880.66
19	20	213.70	1208.45	14089.10
20	21	222.30	1257.08	15346.18
21	22	230.90	1305.71	16651.89
22	23	239.50	1354.34	18006.23
23	24	248.20	1403.54	19409.76
24	25	256.80	1452.17	20861.93
25	26	265.40	1500.80	22362.74
26	27	274.00	1549.43	23912.17
27	28	282.70	1598.63	25510.80
28	29	291.30	1647.26	27158.06

**Tabla 6. Cálculo de la resistencia por fuste para pilote de 1.80 m de diámetro**

Teniendo en cuenta que la célula de Osterberg se situará a 1.50 m de la punta del pilote (a 28,60 m de profundidad), la resistencia por fuste desarrollada a esta profundidad es de 26.499.2 kN.



**Figura 7: Esquema de cargas en configuración de pilote de 1.80 m de diámetro**

Tal y como se ha analizado anteriormente, la tensión a aplicar en la célula de Osterberg es de 10,78 MPa (27.431,76 kN), con lo que la resistencia desarrollada por el fuste de un pilote de 1.80 m de diámetro no es suficiente para aplicar en la punta del pilote la tensión requerida (ya que la punta es lo más importante al resistir más del 80% de la descarga del pilote).

Por otro lado, se puede considerar el peso propio del pilote desde la superficie hasta la célula, a continuación, se evalúa dicho peso:

$$\text{Peso Propio (28,60m pilote)} = 2,54 \text{ m}^2 * 24,00 \text{ kN/m}^3 * 28,60\text{m} = 1.746,70 \text{ kN}$$

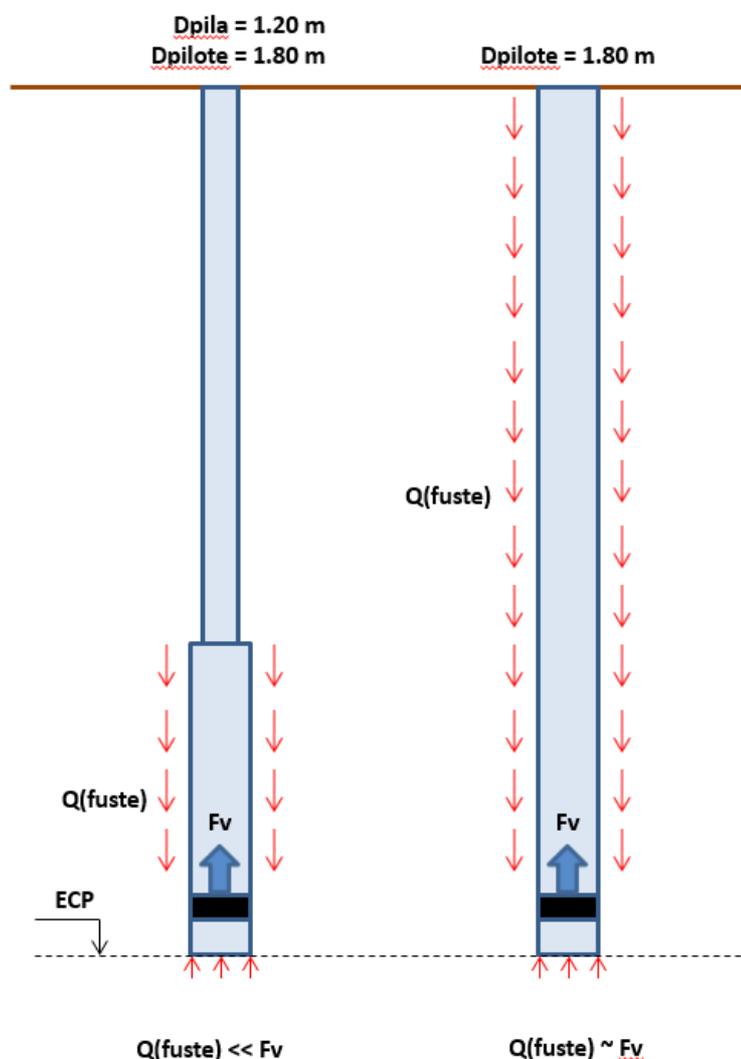
Si se suma el peso propio del pilote a la resistencia por fuste del mismo, la reacción disponible en la parte superior de la célula sería:

$$\text{Resistencia total} \rightarrow 26.499,20 \text{ kN} + 1.746,70 \text{ kN} = \mathbf{28.245,90 \text{ kN}}$$

Con este resultado se concluye que la resistencia desarrollada por el fuste de un pilote de 1.80 m de diámetro más el peso propio es suficiente para aplicar la tensión requerida para la prueba de carga.

### 3.3.4 Resumen de los casos estudiados

A modo de resumen de los diferentes casos analizados, se muestra la siguiente figura que recoge las conclusiones obtenidas:



**Figura 88: Resumen de casos estudiados**

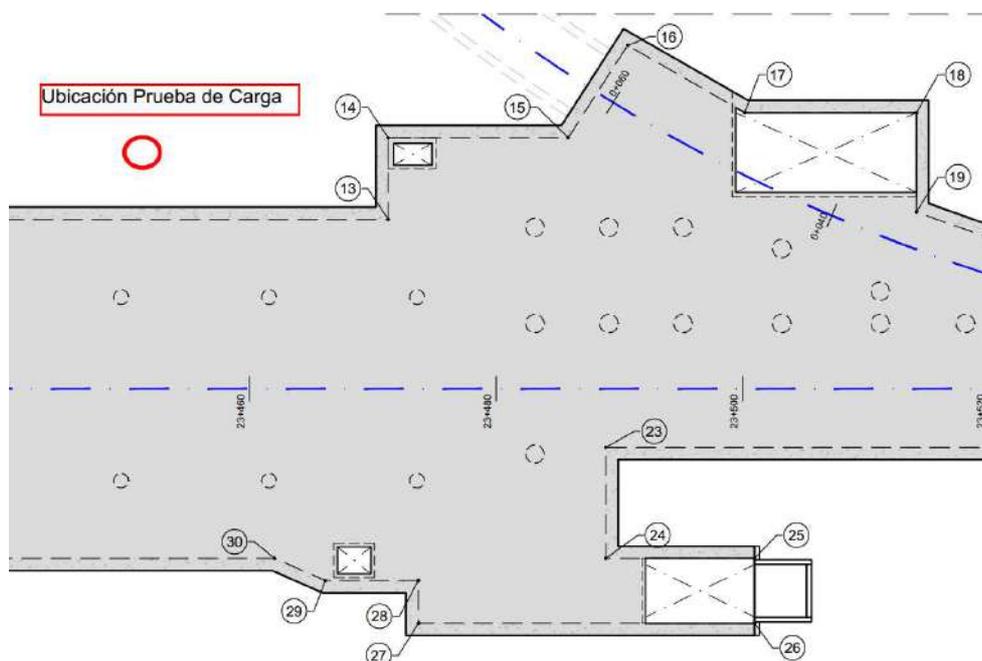
**ECP: Estrato Cimentación Pilotes.**  
**Sobre el que se debe realizar la prueba (ver artículo 7.6.2.2 norma EN 1997-1)**

Cabe mencionar que, aunque para la estación E24 Mercado Santa Anita es posible realizar el ensayo de prueba de carga con un pilote de 1800mm de diámetro, podría ser que en alguna otra estación de la línea, debido a las condiciones geotécnicas del terreno, sea imposible realizar la prueba de carga con pilotes de 1800mm (porque la resistencia a fuste del pilote sea insuficiente para equilibrar la carga de la célula). En esos casos, la prueba de carga se realizaría con un pilote de prueba de un diámetro menor a 1800mm, preferentemente de 1500mm.

### 3.4 PLANTEAMIENTO DE LA PRUEBA DE CARGA

#### 3.4.1 Ubicación del pilote

Para la ubicación de la prueba de carga en la estación E24 de Mercado Santa Anita, se propone la progresiva PK 23+450 (margen norte, fuera del contorno del cuerpo de la estación).



**Figura9: Ubicación de la prueba de carga en la estación Mercado Santa Anita (E-24)**

#### 3.4.2 Características geométricas del pilote

El pilote a ejecutar tendrá las siguientes características:

- Profundidad de pilote: 30,10 m
- Diámetro de pilote: 1,80 m

El pilote será ejecutado desde superficie, considerando un pilote de 1,80 m de diámetro en toda su longitud.

La resistencia característica del concreto del pilote de prueba será de 40 MPa ( $f_{ck}=40$  MPa). La prueba se podrá llevar a cabo una vez que el concreto haya alcanzado una resistencia de 30 MPa.

#### 3.4.3 Carga a aplicar

Con todos los datos obtenidos en los apartados anteriores, se especifica la carga a aplicar en la Célula de Osterberg.

Se plantea colocar la Célula de Osterberg a 1,50 m del pie del pilote (a 28,60 m), colocando una célula que aplique un mínimo de tensión de 10,78 MPa (27.432 kN). Con esto se consigue:

- Se aplica una tensión en punta del pilote superior a la tensión que soportará la punta del pilote en la vida útil multiplicado por un factor de seguridad mayor a 1,75.

- Asegurar el desarrollo total de la capacidad por fuste del pilote. Como se ha analizado anteriormente, a 28,60 m de profundidad, se desarrollaría una capacidad por fuste y un peso propio del pilote suficiente para garantizar la viabilidad de la prueba de carga sin que se produzca un levantamiento del pilote.

El esquema de aplicación de carga es el presentado en la figura 5.

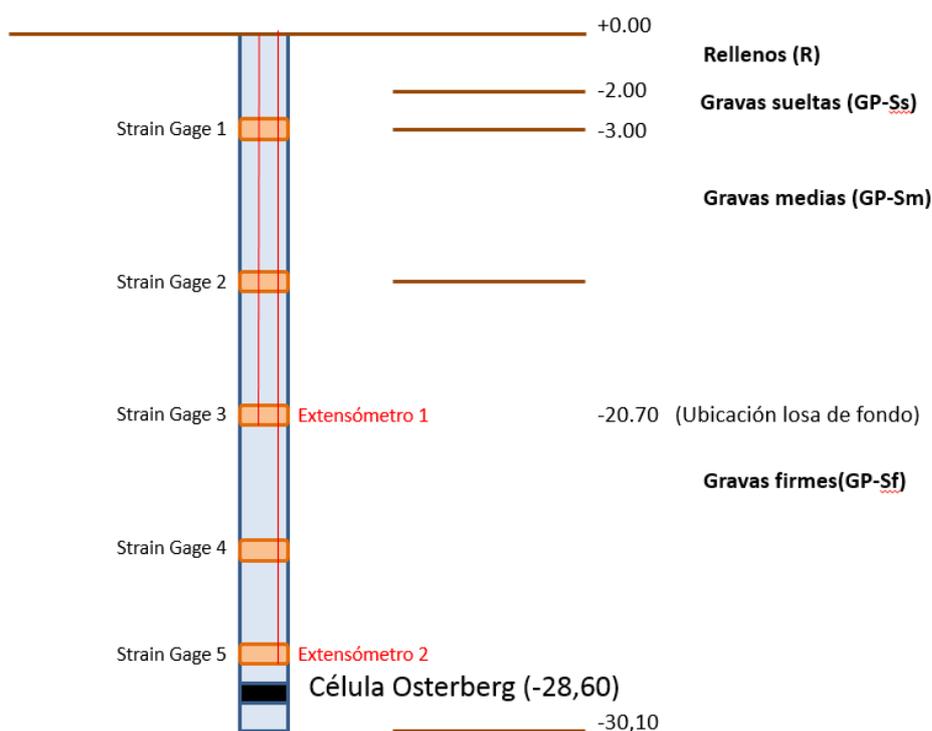
### 3.4.4 Instrumentación

La instrumentación que acompañará a la Célula de Osterberg serán extensómetros colocados en los dos siguientes puntos:

- En el punto donde se tiene definido que se ubique la losa de fondo de la estación
- A un diámetro sobre la ubicación de la célula de carga

En los mismos puntos se colocarán medidores de deformación unitaria (strain gage) añadiendo tres puntos más en los contactos de las diferentes litologías.

A continuación se presenta el siguiente esquema para instrumentar el pilote:



**Figura10: Instrumentación del pilote de prueba**

Los extensómetros a disponer son:

Extensómetro	Profundidad (m)	Identificación
1	-20.7	Punto de ubicación de losa de fondo
2	-26.8	Punto a 1D sobre la célula Osterberg

**Tabla 6. Ubicación de los extensómetros**

Los medidores de deformación unitaria a disponer son:

Strain Gage	Profundidad (m)	Identificación
1	-3.0	Contacto entre gravas sueltas y medias
2	-9.0	Contacto entre gravas medias y firmes
3	-20.7	Punto de ubicación de losa de fondo
4	-23.8	Punto intermedio en gravas firmes
5	-26.8	Punto a 1D sobre la célula Osterberg

**Tabla 7. Ubicación de medidores de deformación unitaria**

Además, se instalarán dos tubos de acero de 2" de diámetro interior y dos tubos de 4" de diámetro interior, todos ellos independientes, que permitirán la posibilidad de la realización de un ensayo cross-hole con el objeto de verificar la integridad del pilote.

### 3.4.5 Escalones de carga

Este ensayo se realiza en conformidad (en lo que sea aplicable) con el Quick Load Test Method para pilotes individuales de la norma ASTM D-1143 "Standard Load Test Method for Piles Under Static Axial Load", donde se marca:

#### 8.1.2 Procedure A: Quick Test

*Apply the test load in increments of 5% of the anticipated failure load. Add each load increment in a continuous fashion and immediately following the completion of movement readings for the previous load interval. Add load increments until reaching a failure load but do not exceed the safe structural capacity of the pile, pile group, or loading apparatus. During each load interval, keep the load constant for a time interval of not less than 4 min and not more than 15 min, using the same time interval for all loading increments throughout the test. Remove the load in five to ten approximately equal decrements, keeping the load constant for a time interval of not less than 4 min and not more than 15 min, using the same time interval for all unloading decrements. Consider longer time intervals for the failure load to assess creep behavior and for the final zero load to assess rebound behavior.*

Los escalones de carga para llevar a cabo la prueba son del 5% sobre la máxima carga a aplicar. Es decir, el escalón incremental de carga será de 1372 kN (0.54 MPa) y se irán aplicando escalones de carga hasta que se llegue a algún punto de los indicados en el ítem 3.4.6 del presente documento.

Para descargar el pilote, una vez alcanzada la máxima carga, se hará en 5 escalones iguales.

Cabe tener en cuenta los siguientes comentarios:

- La velocidad de deformación debe ser menor a 0.25 mm/hora
- Según la experiencia que se dispone de estos tipos de ensayos, el tiempo del escalón de carga viene de terminado por la velocidad de penetración, por lo que se establece

un tiempo mínimo de aplicación del escalón de carga de 4 minutos y máximo de 15 minutos.

- La carga máxima se mantiene hasta obtener una velocidad de penetración constante, siendo revisado por el personal a cargo de la prueba de carga.
- La descarga se realizará en 5 escalones.

#### 3.4.6 Finalización de la prueba

La prueba se dará por concluida cuando se dé alguno de los siguientes supuestos:

- Se agote la resistencia por fuste del pilote
- Se agote la resistencia por punta del pilote
- Se agote la carrera de la Célula de Osterberg
- Se agote la capacidad de carga de los gatos hidráulicos de la Célula Osterberg

#### 3.4.7 Aceptación de los resultados

La prueba se dará como satisfactoria siempre que se hayan seguido las prescripciones dadas en el presente documento y que se cumpla alguna de las cuatro condiciones expuestas en el punto anterior.

Los resultados de la prueba se darán como satisfactorios siempre que los valores de la resistencia por punta y fuste obtenidos en la prueba sean mayores o iguales a los considerados en los cálculos del pilote. Es decir, los resultados serán satisfactorios si ayudan a verificar el diseño con los coeficientes de seguridad que correspondan.

#### 3.4.8 Características de la célula de carga

Las características de la Célula Osterberg requerida para la realización del ensayo son:

- Capacidad máxima de carga:  $P = 27.500 \text{ kN}$  según esquema presentado en la figura 5.
- Carrera mínima de recorrido (mm): 35 mm
- Ubicación de la célula: Según lo especificado en el apartado 3.4.4

#### 3.4.9 Características de las Strain Gage

A modo referencial, en el Anexo 3 se adjuntan las especificaciones técnicas de la instrumentación propuesta en el ensayo: **Modelo Geokon 4911A/4911 o con características técnicas equivalentes**. Una vez se haya contratado a la empresa que realice el ensayo, se propondrá la instrumentación (strain gage) definitiva, que será igual o de características técnicas equivalentes a la propuesta.

La ubicación de las strain gages contempladas en el ensayo se definen en el apartado 3.4.4.

### 3.4.10 Armado de pilote

El armado a disponer en el pilote será el mínimo requerido.

#### Armado longitudinal

- Según artículo 9.8.5 del EC-2

El armado mínimo viene en función del área del pilote ( $A_c$ ).

Para pilotes de área superior a 1 m<sup>2</sup>, el armado mínimo se define como:

$$A_s \geq 0,0025 \cdot A_c$$

Esto supone un  $A_s = 63,62 \text{ cm}^2$ .

Se dispondrán 124 barras de 3/4" (68,16 cm<sup>2</sup>).

#### Armado transversal

- Según artículo 9.5.3 del EC-2

$$\phi_{\min} \begin{cases} > 6mm \\ > \frac{1}{4} \phi_{long} \end{cases}$$

$$s_{\max} \begin{cases} 20\phi_{long} \\ 400mm \end{cases}$$

Se dispondrán estribos  $\phi 3/8"$  a 20 cm.

Por encima de la posición de la célula de Osterberg, se reforzará el armado transversal disponiendo  $\phi 3/8"$  a 10 cm en una distancia de 1D (sobre la posición de la célula).

#### **4. ANEXOS**

#### 4.1 ANEXO 1: EXTRACTO DEL CÁLCULO DE LAS PILAS-PILOTE DE LA ESTACIÓN E24. MERCADO SANTA ANITA

## ANEXO 1

# EXTRACTO DEL CÁLCULO DE LAS PILAS-PILOTE DE LA ESTACIÓN E24. MERCADO SANTA ANITA

**CÁLCULO DE LA CARGA DE HUNDIMIENTO EN CIMENTACIONES PROFUNDAS. Pilotes perforados en suelo o roca alterada.**

**ESTRUCTURA Mercado de Santa Anita (Inicio Estación)**

**APOYO Pila pilote**

**METODO DE CÁLCULO: EC-7 - PRESIÓMETROS**

Expresión general  $Q_h = q_p \cdot A_p + q_s \cdot A_s$

Qh Carga de hundimiento  
 qp Resistencia por punta  
 Ap Área de la punta  
 qf Resistencia por fuste  
 Af Área del fuste

Características del pilote

Tipo	Perforado	Perforado	Perforado	Perforado
Diámetro	1,00	1,25	1,50	1,80

**COLUMNA DE TERRENO (inicio estación)**

z (m)	Unidad	NF	$\gamma_{ap}$	$\gamma'_{sum}$	$K_0$	$\sigma'_{vo}$ (Kpa)
1	R	0	1,7	1,7	0,5	17
2	R	0	1,7	1,7	0,5	34
3	GP-Ss	0	2	2	0,5	54
4	GP-Sm	0	2,1	2,1	0,5	75
5	GP-Sm	0	2,1	2,1	0,5	96
6	GP-Sm	0	2,1	2,1	0,5	117
7	GP-Sm	0	2,1	2,1	0,5	138
8	GP-Sm	0	2,1	2,1	0,5	159
9	GP-Sm	0	2,1	2,1	0,5	180
10	GP-Sm	0	2,1	2,1	0,5	201
11	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	223
12	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	245
13	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	267
14	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	289
15	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	311
16	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	333
17	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	355
18	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	377
19	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	399
20	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	421
21	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	443
22	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	465
23	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	487
24	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	509
25	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	531
26	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	553
27	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	575
28	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	597
29	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	619
30	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	641
31	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	663
32	SM	0	1,7	1,7	0,5	680
33	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	702
34	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	724
35	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	746
36	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	768
37	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	790
38	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	812
39	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	834
40	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	856
41	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	878
42	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	900
43	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	922
44	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	944
45	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	966
46	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	988
47	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	1010
48	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	1032
49	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	1054
50	GP-Sf	0	2,2	2,2	0,5	1076

**Factor de seguridad EC-7: Resistencias estimadas a partir de ensayos presiométricos (Ver tabla A-7).**

	F.S. Parcial	Coef. Modelo	F.S.
Punta	1,25	1,00	1,25
Fuste	1,00	1,00	1,00

**Justificación del Factor de Seguridad aplicado según EC-7 (Tabla A.7):**

Enfoque de proyecto: Enfoque 1  
 Combinación de Cargas: Combinación 1  
 Conjunto coeficientes parci: Conjunto R1

Tabla A.7 – Coeficientes parciales de resistencia (γ) para los pilotes perforados

Resistencia	Símbolo	Conjunto			
		R1	R2	R3	R4
Punta	γ <sub>p</sub>	1,25	1,1	1,0	1,6
Fuste (compresión)	γ <sub>c</sub>	1,0	1,1	1,0	1,3
Total/combinada (compresión)	γ <sub>t</sub>	1,15	1,1	1,0	1,5
Fuste en tracción	γ <sub>t</sub>	1,25	1,15	1,1	1,6

**Coefficientes de correlación para ensayos de campo (Tabla A.10):**

Numero de perfiles ensayo: 1 Perfil

n	1
ξ <sub>s</sub>	1,4
ξ <sub>a</sub>	1,4

Tabla A.10 – Coeficientes de correlación ξ para obtener valores característicos a partir de resultados de ensayos del terreno (n - número de perfiles de ensayos)

ξ para n =	1	2	3	4	5	7	10
ξ <sub>s</sub>	1,40	1,35	1,33	1,31	1,29	1,27	1,25
ξ <sub>a</sub>	1,40	1,27	1,23	1,20	1,15	1,12	1,08

**Método presiométrico (EUROCODIGO)**

$$Q = A k [p_{LM} - p_0] + P \Sigma (q_{si} \cdot z_i)$$

donde

A es el área de la base del pilote que es igual al área real en el caso de pilotes con extremos cerrados o parte de esa área en el caso de pilotes con extremos abiertos;

p<sub>LM</sub> es el valor representativo de la presión limite en la base del pilote corregido para cualquier capa blanda inferior;

p<sub>0</sub> es el valor [K<sub>0</sub>(σ<sub>v</sub> - u) + u], tomando convencionalmente K<sub>0</sub> = 0,5 y σ<sub>v</sub> es la presión de sobrecarga vertical total en el nivel del ensayo y u es la presión intersticial en el nivel del ensayo;

k factor de resistencia portante definido en la tabla C.4;

P perímetro del pilote;

q<sub>si</sub> unidad de resistencia del pozo para la capa del suelo i dada en la figura C.1 utilizando conjuntamente la tabla C.5;

z<sub>i</sub> espesor de la capa de suelo i.

Table C.5: The selection of design curves for unit shaft resistance

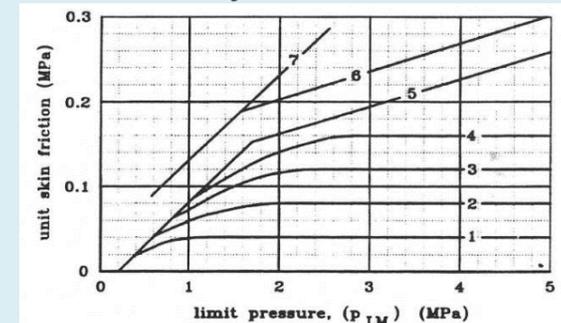
soil category	pile type	clay and silt			sand and gravel			chalk			marl		rock
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	
bored piles and caissons	no support	1	1/2	2/3	-	-	-	1	3	4/5	3	4/5	6
	mud support	1	1/2	1/2	1	1/2	2/3	1	3	4/5	3	4/5	6
	temp casing perm casing	1	1/2	1/2	1	1/2	2/3	1	2	3/4	3	4	-
hand dug caisson		1	2	3	-	-	-	1	2	3	4	5	6
	displacement piles	1	2	2	2	2	3				3	4	4
grouted piles	closed end	1	2	2	2	2	3				3	4	4
	prefab concrete	1	2	2	2	2	3	1	2	3	3	4	-
	cast in situ coated shaft	1	2	2	3	3	4				3	4	-
grouted piles	low pressure	1	2	2	3	3	3	2	3	4	5	5	-
	high pressure	1	4	5	5	5	6	-	5	6	6	6	7

Table C.4: Derived values of the bearing resistance factor, k, for axially loaded piles

Soil category	p <sub>LM</sub> [MPa]	Bored piles and small displacement piles		Full displacement piles
		q <sub>s</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>t</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	
clay and silt	A < 0,7	1,1	1,4	1,4
	B 1,2 - 2,0	1,2	1,5	1,5
	C > 2,5	1,3	1,6	1,6
sand and gravel	A < 0,5	1,0	4,2	4,2
	B 1,0 - 2,0	1,1	3,7	3,7
	C > 2,5	1,2	3,2	3,2
chalk	A < 0,7	1,1	1,6	1,6
	B 1,0 - 2,5	1,4	2,2	2,2
	C > 3,0	1,8	2,6	2,6
marl	A 1,5 - 4,0	1,8	2,6	2,6
	B > 4,5	1,8	2,6	2,6
weathered rock	A 2,5 - 4,0	(i)	(i)	(i)
	B > 4,5	(i)	(i)	(i)

(i) Choose k for the closest soil category.

Figure C.1



Cota	Tipo de suelo	p <sub>1</sub> (kPa)	p <sub>0</sub> (kPa)	k (Factor de resistencia)	ξ	
P9-04	4 GP-Sm	23.364	38	Granular C	1,2	1,40
P9-09	9 GP-Sm	29.068	90	Granular C	1,2	1,40
SE24-1	15 GP-Sf	9.891	156	Granular C	1,2	1,40
P9-15	15 GP-Sf	21.690	156	Granular C	1,2	1,40
P9-22	22 GP-Sf	26.196	233	Granular C	1,2	1,40
SE24-2	25 GP-Sf	13.845	266	Granular C	1,2	1,40
P9-25	25 GP-Sf	25.715	266	Granular C	1,2	1,40
P9-30	30 GP-Sf	20.955	321	Granular C	1,2	1,40
P9-37	37 GP-Sf	27.458	395	Granular C	1,2	1,40
P9-42	42 GP-Sf	23.585	450	Granular C	1,2	1,40

RESISTENCIA UNITARIA	
q <sub>s</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>t</sub> (KN/m <sup>2</sup> )
19994,4	100,0
24838,1	100,0
8344,6	100,0
18457,9	100,0
22254,5	100,0
11639,8	100,0
21814,1	100,0
17686,5	100,0
23196,9	100,0
19830,4	100,0

**CÁLCULO DE LA CARGA DE HUNDIMIENTO EN CIMENTACIONES PROFUNDAS. Pilotes perforados en suelo o roca alterada.**

**ESTRUCTURA Mercado de Santa Anita (Inicio Estación)**

**APOYO**

**Pila pilote**

**METODO DE CÁLCULO: EC-7 - PRESIÓMETROS**

**Valores adoptados y estimación de carga de hundimiento**

Cota tex	Cota muro	Unidad	Tipo de suelo	Potencia	Método de cálculo
0,0	20,0	EST	Estación	20,0	Presiómetro EC-7
20,0	31,0	GP-Sf	Grava	11,0	Presiómetro EC-7
31,0	32,0	SM	Arena	1,0	Presiómetro EC-7
32,0	56,0	GP-Sf	Grava	24,0	Presiómetro EC-7

RESISTENCIA UNITARIA	
$q_p$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_r$ (KN/m <sup>2</sup> )
0,0	0,0
18348,7	100,0
8843,2	100,0
20237,9	100,0

**Estimación de la carga de hundimiento/carga admisible según diámetro**

Cota (metros)		Diámetro pilote (metros)																					
		1,0					1,25					1,5					1,8						
		RESISTENCIA UNITARIA		$Q_p$	$Q_F$	$Q_F$ acumulada	Carga HUNDIM.	Carga ADMIS.	$Q_p$	$Q_F$	$Q_F$ acumulada	Carga HUNDIM.	Carga ADMIS.	$Q_p$	$Q_F$	$Q_F$ acumulada	Carga HUNDIM.	Carga ADMIS.	$Q_p$	$Q_F$	$Q_F$ acumulada	Carga HUNDIM.	Carga ADMIS.
De	A	$q_p$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_r$ (KN/m <sup>2</sup> )	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN
0	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	21	18.348,7	100,0	14.411,0	314,2	314,2	8.720,6	7.039,3	22.517,3	392,7	392,7	13.259,7	10.686,3	32.424,8	471,2	471,2	18.485,0	14.882,3	46.691,8	565,5	565,5	26.033,7	20.940,1
21	22	18.348,7	100,0	14.411,0	314,2	628,3	10.235,7	8.314,2	22.517,3	392,7	785,4	15.260,8	12.365,7	32.424,8	471,2	942,5	20.757,7	16.794,6	46.691,8	565,5	1.131,0	28.721,6	23.203,5
22	23	18.348,7	100,0	14.411,0	314,2	942,5	11.750,8	9.589,1	22.517,3	392,7	1.178,1	17.261,8	14.045,1	32.424,8	471,2	1.413,7	23.030,3	18.707,0	46.691,8	565,5	1.696,5	31.409,4	25.466,8
23	24	18.348,7	100,0	14.411,0	314,2	1.256,6	13.265,8	10.864,0	22.517,3	392,7	1.570,8	19.262,9	15.724,5	32.424,8	471,2	1.885,0	25.302,9	20.619,3	46.691,8	565,5	2.261,9	34.097,2	27.730,2
24	25	18.348,7	100,0	14.411,0	314,2	1.570,8	14.780,9	12.138,9	22.517,3	392,7	1.963,5	21.264,0	17.403,9	32.424,8	471,2	2.356,2	27.575,5	22.531,7	46.691,8	565,5	2.827,4	36.785,1	29.993,6
25	26	18.348,7	100,0	14.411,0	314,2	1.885,0	16.296,0	13.413,8	22.517,3	392,7	2.356,2	23.265,1	19.083,3	32.424,8	471,2	2.827,4	29.848,1	24.444,0	46.691,8	565,5	3.392,9	39.472,9	32.256,9
26	27	18.348,7	100,0	14.411,0	314,2	2.199,1	16.610,2	13.727,9	22.517,3	392,7	2.748,9	25.266,1	20.762,7	32.424,8	471,2	3.298,7	32.120,8	26.356,3	46.691,8	565,5	3.958,4	39.741,9	32.585,2
27	28	18.348,7	100,0	14.411,0	314,2	2.513,3	16.924,3	14.042,1	22.517,3	392,7	3.141,6	24.200,7	19.988,9	32.424,8	471,2	3.769,9	32.293,7	26.588,9	46.691,8	565,5	4.523,9	42.910,5	35.233,2
28	29	18.348,7	100,0	14.411,0	314,2	2.827,4	15.994,2	13.360,9	22.517,3	392,7	3.534,3	24.883,2	20.613,4	32.424,8	471,2	4.241,1	34.983,6	28.835,1	46.691,8	565,5	5.089,4	46.079,1	37.881,1
29	30	18.348,7	100,0	14.411,0	314,2	3.141,6	16.555,7	13.872,9	22.517,3	392,7	3.927,0	25.565,7	21.238,0	32.424,8	471,2	4.712,4	35.872,2	29.640,2	46.691,8	565,5	5.654,9	49.247,7	40.529,1
30	31	18.348,7	100,0	14.411,0	314,2	3.455,7	17.117,1	14.384,8	22.517,3	392,7	4.319,7	26.248,2	21.862,5	32.424,8	471,2	5.183,6	36.760,7	30.445,3	46.691,8	565,5	6.220,3	52.416,3	43.177,1
31	32	8.843,2	100,0	6.945,5	314,2	3.769,9	18.300,7	15.394,5	10.852,3	392,7	4.712,4	27.555,6	22.987,0	15.627,3	471,2	5.654,9	38.815,8	32.183,6	22.503,3	565,5	6.785,8	54.781,9	45.182,7
32	33	20.237,9	100,0	15.894,8	314,2	4.084,1	18.738,5	15.807,6	24.835,7	392,7	5.105,1	28.113,9	23.512,2	35.763,3	471,2	6.126,1	39.472,5	32.803,2	51.499,2	565,5	7.351,3	55.565,9	45.923,0
33	34	20.237,9	100,0	15.894,8	314,2	4.398,2	19.176,3	16.220,7	24.835,7	392,7	5.497,8	28.672,2	24.037,3	35.763,3	471,2	6.597,3	40.129,2	33.422,8	51.499,2	565,5	7.916,8	56.349,9	46.663,3
34	35	20.237,9	100,0	15.894,8	314,2	4.712,4	19.614,1	16.633,8	24.835,7	392,7	5.890,5	29.230,5	24.562,5	35.763,3	471,2	7.068,6	40.785,9	34.042,4	51.499,2	565,5	8.482,3	57.133,9	47.403,6
35	36	20.237,9	100,0	15.894,8	314,2	5.026,5	20.051,9	17.046,9	24.835,7	392,7	6.283,2	29.788,8	25.087,7	35.763,3	471,2	7.539,8	41.442,6	34.662,0	51.499,2	565,5	9.047,8	57.917,9	48.143,9
36	37	20.237,9	100,0	15.894,8	314,2	5.340,7	20.489,7	17.459,9	24.835,7	392,7	6.675,9	30.347,1	25.612,9	35.763,3	471,2	8.011,1	42.099,3	35.281,7	51.499,2	565,5	9.613,3	58.701,9	48.884,2
37	38	20.237,9	100,0	15.894,8	314,2	5.654,9	21.549,7	18.370,7	24.835,7	392,7	7.068,6	30.905,4	26.138,1	35.763,3	471,2	8.482,3	42.756,0	35.901,3	51.499,2	565,5	10.178,8	59.485,9	49.624,5
38	39	20.237,9	100,0	15.894,8	314,2	5.969,0	21.863,8	18.684,9	24.835,7	392,7	7.461,3	32.296,9	27.329,8	35.763,3	471,2	8.953,5	43.412,7	36.520,9	51.499,2	565,5	10.744,2	60.269,9	50.364,8
39	40	20.237,9	100,0	15.894,8	314,2	6.283,2	22.178,0	18.999,0	24.835,7	392,7	7.854,0	32.689,6	27.722,5	35.763,3	471,2	9.424,8	44.069,4	37.140,5	51.499,2	565,5	11.309,7	61.053,9	51.105,1
40	41	20.237,9	100,0	15.894,8	314,2	6.597,3	22.492,2	19.313,2	24.835,7	392,7	8.246,7	33.082,3	28.115,2	35.763,3	471,2	9.896,0	45.659,4	38.506,7	51.499,2	565,5	11.875,2	61.837,9	51.845,4
41	42	20.237,9	100,0	15.894,8	314,2	6.911,5	22.806,3	19.627,4	24.835,7	392,7	8.639,4	33.475,0	28.507,9	35.763,3	471,2	10.367,2	46.130,6	38.977,9	51.499,2	565,5	12.440,7	62.621,9	52.585,7
42	43	20.237,9	100,0	15.894,8	314,2	7.225,7	23.120,5	19.941,5	24.835,7	392,7	9.032,1	33.867,7	28.900,6	35.763,3	471,2	10.838,5	46.601,8	39.449,2	51.499,2	565,5	13.006,2	64.505,4	54.205,6
43	44	20.237,9	100,0	15.894,8	314,2	7.539,8	23.434,6	20.255,7	24.835,7	392,7	9.424,8	34.260,4	29.293,3	35.763,3	471,2								

## 4.2 ANEXO 2: REPORTAJE FOTOGRÁFICO

# ANEXO 2

# REPORTAJE FOTOGRÁFICO



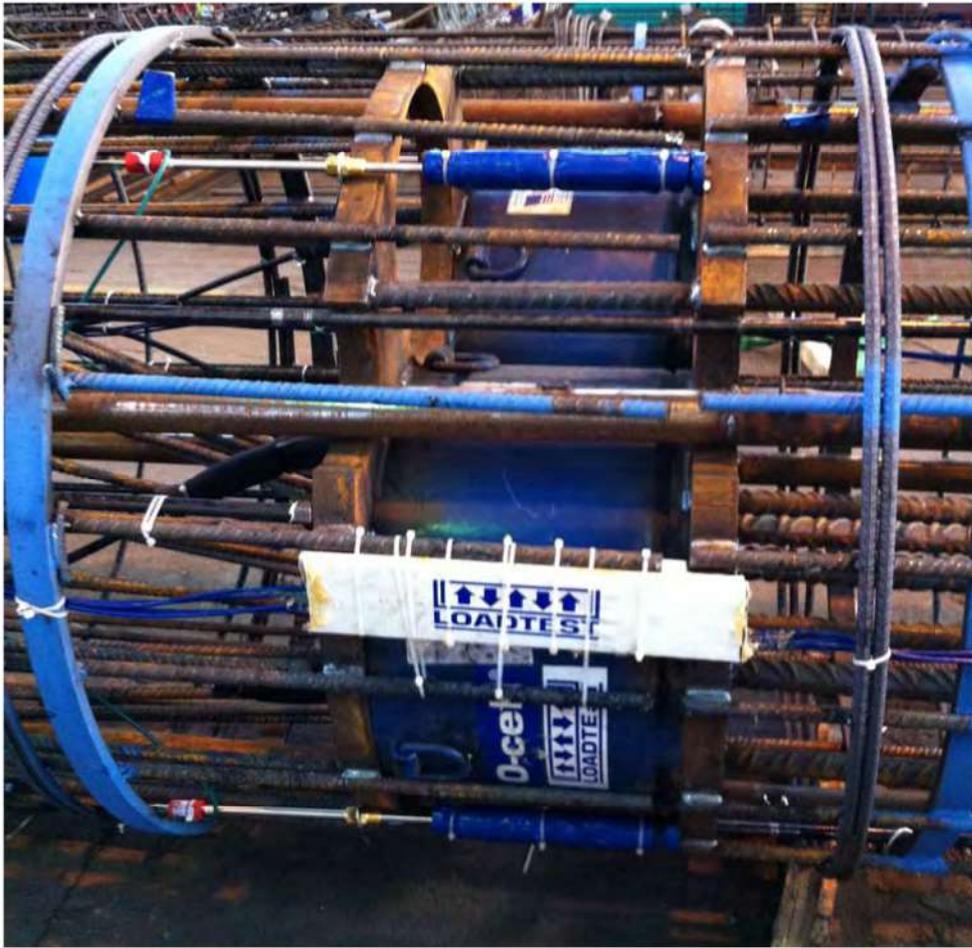


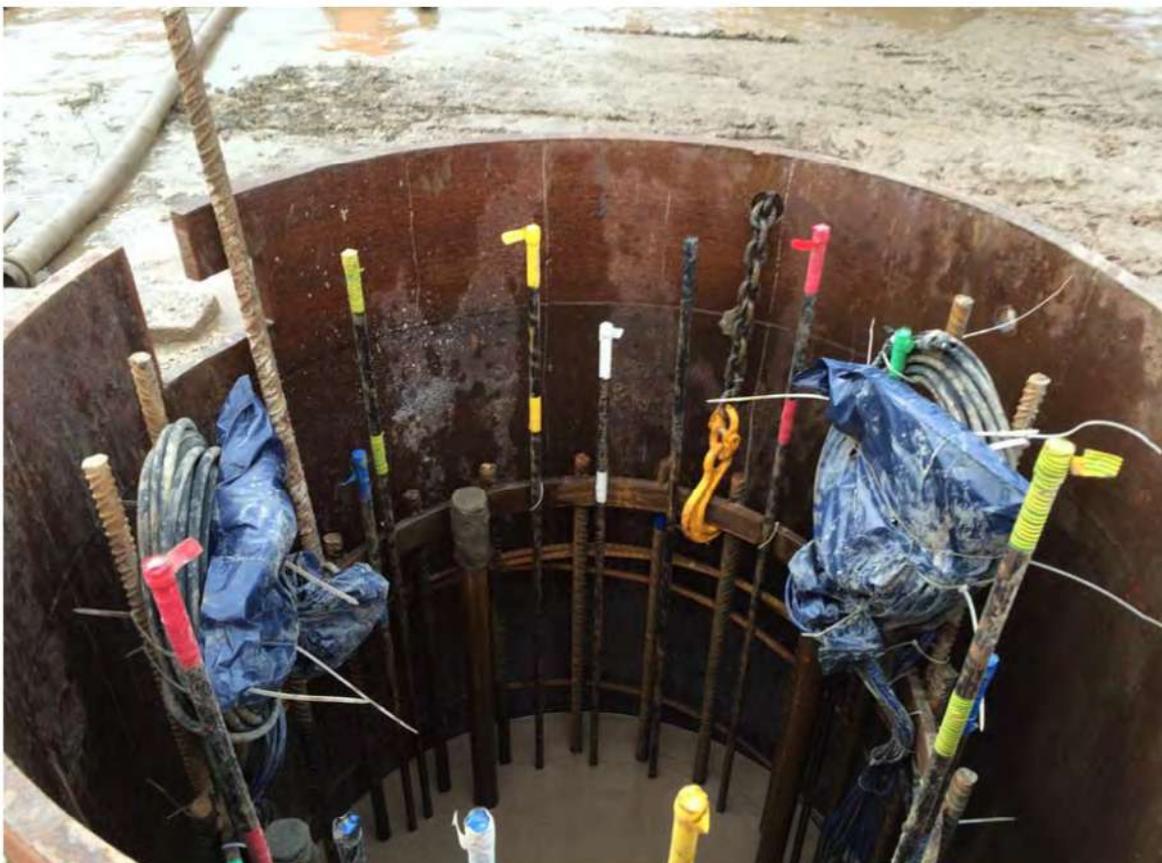














## 4.3 ANEXO 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS STRAIN GAGE

# ANEXO 3

# ESPECIFICACIONES TÉCNICAS STRAIN GAGE



*The World Leader in Vibrating Wire Technology*

48 Spencer Street  
Lebanon, NH 03766, USA  
Tel: 603•448•1562  
Fax: 603•448•3216  
E-mail: [geokon@geokon.com](mailto:geokon@geokon.com)  
<http://www.geokon.com>

*Installation Manual*

# **Models 4911A/4911**

## **VW Rebar Strain Meters**



No part of this instruction manual may be reproduced, by any means, without the written consent of Geokon, Inc.

The information contained herein is believed to be accurate and reliable. However, Geokon, Inc. assumes no responsibility for errors, omissions or misinterpretation. The information herein is subject to change without notification.

Copyright © 1989, 1996, 2004, 2007,2008,2009,2010, 2012, 2013 Geokon, Inc.  
(Doc Rev O 6/13)



## **Warranty Statement**

Geokon, Inc. warrants its products to be free of defects in materials and workmanship, under normal use and service for a period of 13 months from date of purchase. If the unit should malfunction, it must be returned to the factory for evaluation, freight prepaid. Upon examination by Geokon, if the unit is found to be defective, it will be repaired or replaced at no charge. However, the WARRANTY is VOID if the unit shows evidence of having been tampered with or shows evidence of being damaged as a result of excessive corrosion or current, heat, moisture or vibration, improper specification, misapplication, misuse or other operating conditions outside of Geokon's control. Components which wear or which are damaged by misuse are not warranted. This includes fuses and batteries.

Geokon manufactures scientific instruments whose misuse is potentially dangerous. The instruments are intended to be installed and used only by qualified personnel. There are no warranties except as stated herein. There are no other warranties, expressed or implied, including but not limited to the implied warranties of merchantability and of fitness for a particular purpose. Geokon, Inc. is not responsible for any damages or losses caused to other equipment, whether direct, indirect, incidental, special or consequential which the purchaser may experience as a result of the installation or use of the product. The buyer's sole remedy for any breach of this agreement by Geokon, Inc. or any breach of any warranty by Geokon, Inc. shall not exceed the purchase price paid by the purchaser to Geokon, Inc. for the unit or units, or equipment directly affected by such breach. Under no circumstances will Geokon reimburse the claimant for loss incurred in removing and/or reinstalling equipment.

Every precaution for accuracy has been taken in the preparation of manuals and/or software, however, Geokon, Inc. neither assumes responsibility for any omissions or errors that may appear nor assumes liability for any damages or losses that result from the use of the products in accordance with the information contained in the manual or software.



# TABLE of CONTENTS

Page

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>2. INSTALLATION</b> .....	<b>2</b>
2.1. PRELIMINARY TESTS.....	2
2.2. REBAR STRAIN METER INSTALLATION .....	2
2.2.1. <i>Model 4911A</i> .....	2
2.2.2. <i>Model 4911 "Sister Bar"</i> .....	3
2.3. CABLE INSTALLATION .....	5
<b>3. TAKING READINGS</b> .....	<b>5</b>
3.1. OPERATION OF THE GK-403 READOUT BOX.....	5
3.2. OPERATION OF THE GK404 READOUT BOX .....	5
3.3. OPERATION OF THE GK405 READOUT BOX .....	6
FOR FURTHER DETAILS CONSULT THE GK405 INSTRUCTION MANUAL.....	6
3.4. MEASURING TEMPERATURES.....	7
<b>4. DATA REDUCTION</b> .....	<b>7</b>
4.1. STRAIN CALCULATION .....	7
4.2. TEMPERATURE CORRECTION .....	8
THE STRAIN CORRECTED FOR TEMPERATURE (I.E. DUE TO LOAD CHANGES ONLY).....	8
NOTE THAT THE ACTUAL STRAIN, THE ONE THAT COULD BE MEASURED WITH A TAPE MEASURE, I.E THE STRAIN ACTUALLY UNDERGONE BY THE CONCRETE IS GIVEN BY THE EXPRESSION .....	8
4.3. ENVIRONMENTAL FACTORS.....	9
4.4. SHRINKAGE EFFECTS .....	9
4.5. CONVERTING STRAINS TO LOADS .....	9
<b>5. TROUBLESHOOTING</b> .....	<b>11</b>
<b>APPENDIX A - SPECIFICATIONS</b> .....	<b>12</b>
A.1. REBAR STRAIN METERS.....	12
A.2 THERMISTOR (SEE APPENDIX B ALSO).....	12
<b>APPENDIX B - THERMISTOR TEMPERATURE DERIVATION</b> .....	<b>13</b>
<b>APPENDIX C – DERIVING THE CALIBRATION FACTOR, C, FROM THE TEST DATA</b> .....	<b>14</b>

## LIST of FIGURES, TABLES and EQUATIONS

	Page
FIGURE 1 - MODEL 4911A REBAR STRAIN METER .....	1
FIGURE 2 - MODEL 4911 REBAR STRAIN METER.....	1
FIGURE 3 - MODEL 4911A INSTALLATION .....	3
FIGURE 4 - MODEL 4911 "SISTER BAR" INSTALLATION .....	4
FIGURE 5 - MODEL 4911 "SISTER BAR" INSTALLATION DETAIL.....	4
FIGURE 6 GK405 READOUT UNIT .....	6
EQUATION 1 - DIGITS CALCULATION.....	7
<b>EQUATION 2 – APPARENT STRAIN</b> .....	7
TABLE 1 - THERMAL COEFFICIENTS.....	8
<b>EQUATION 3 – LOAD RELATED STRAIN</b> .....	8
FIGURE 7 - SAMPLE MODEL 4911 CALIBRATION SHEET.....	10
TABLE A-1 MODEL 4911A/4911 STRAIN METER SPECIFICATIONS.....	12
EQUATION B-1 CONVERT THERMISTOR RESISTANCE TO TEMPERATURE .....	13
TABLE B-1 THERMISTOR RESISTANCE VERSUS TEMPERATURE .....	13
FIGURE C-1 REBAR STRAIN METER SCHEMATIC .....	14
EQUATION C-1 TOTAL STRAIN CALCULATION .....	14
EQUATION C-2 ZONE 2 CALCULATION EQUATION C-3 ZONE 3 CALCULATION .....	14
TABLE C-1 UNBONDED SECTION DIMENSIONS.....	15
TABLE C-2 MICROSTRAIN CONVERSION FACTORS.....	15

## 1. INTRODUCTION

Geokon Vibrating Wire Rebar Strain Meters are designed primarily for monitoring the stresses in reinforcing steel in concrete structures, such as bridges, concrete piles and diaphragm walls. The strain meter is comprised of a length of high strength steel, bored along its central axis to accommodate a miniature vibrating wire strain gage. Readout of load or stress is achieved remotely using a portable readout or datalogging system available from Geokon.

The Model 4911A Vibrating Wire Rebar Strain Meter consists of a short length of high strength steel welded between two 18" (457 mm) long sections of reinforcing bar. It is designed to be welded between sections of structural concrete reinforcing bar. The cable exits from the strain meter via a compression fitting. See Figure 1.

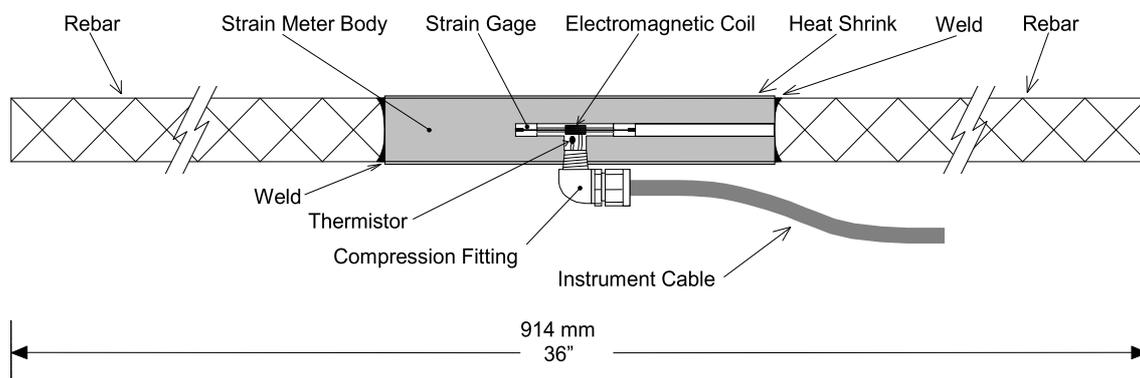


Figure 1 - Model 4911A Rebar Strain Meter

The Model 4911 Vibrating Wire Rebar Strain Meter or "Sister Bar" consists of a short length of high strength steel welded between two 14" (356 mm) long sections of reinforcing bar. It is designed to be wire tied in parallel with the structural rebar. The small diameter of the bar minimizes its affect on the sectional modulus of the concrete. The cable exits from the strain meter through a small block of protective epoxy. See Figure 2.

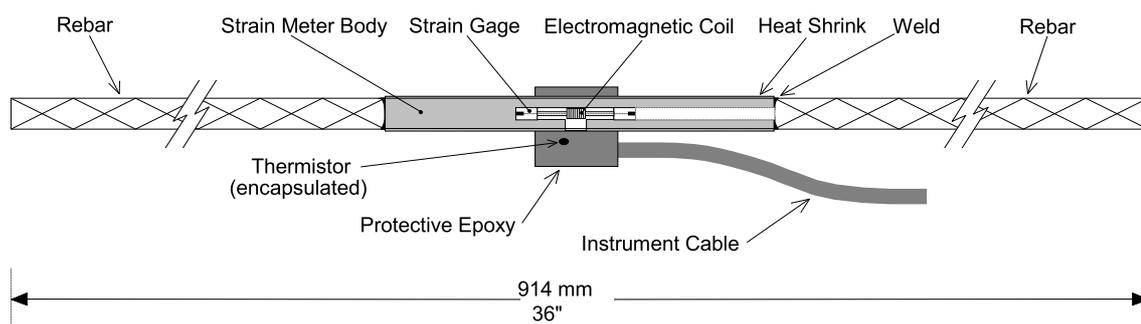


Figure 2 - Model 4911 Rebar Strain Meter

Both models of strain meters are robust, reliable and easy to install and read, and are unaffected by moisture, cable length or contact resistance. The long term stability of these instruments has proven to be excellent.

## **2. INSTALLATION**

### **2.1. Preliminary Tests**

It is always wise, before installation commences, to check the strain meters for proper function. Each strain meter is supplied with a calibration sheet that shows the relationship between readout digits and microstrain and also shows the initial no load zero reading. The strain meter electrical leads (usually the red and black leads) are connected to a readout box (see section 3) and the zero reading given on the sheet is now compared to a current zero reading. Under normal circumstances the two readings should not differ by more than about 25 digits (10 microstrain). Shipping shocks may, however, cause larger shifts. If the reading is within 100 digits (40 microstrain) of the factory zero, and is stable, it is safe to proceed with the installation.

By pulling on the strain meter it should be possible to change the readout digits, causing them to rise as tension increases.

Checks of electrical continuity can also be made using an ohmmeter. For the 4911A, resistance between the gage leads should be approximately  $50\ \Omega$ ,  $\pm 10\ \Omega$ , for the 4911,  $50\ \Omega$ ,  $\pm 10\ \Omega$ . Remember to add cable resistance when checking (22 AWG stranded copper leads are approximately  $14.7\ \Omega/1000'$  or  $48.5\ \Omega/\text{km}$ , multiply by 2 for both directions). Between the green and white should be approximately 3000 ohms at  $25^\circ$  (see Table B-1), and between any conductor and the shield should exceed 2 megohm.

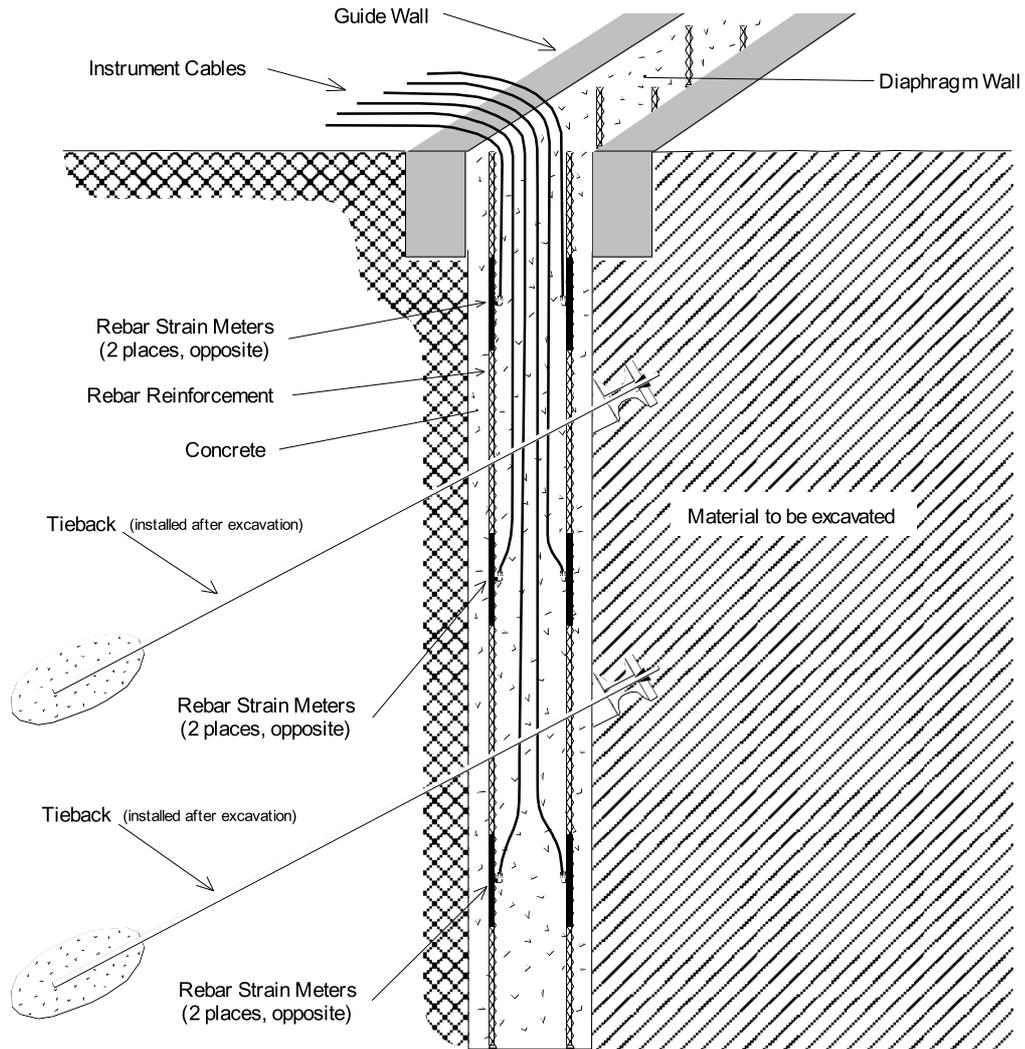
***Note: Do not lift the strain meter by the cable.***

### **2.2. Rebar Strain Meter Installation**

#### **2.2.1. Model 4911A**

The normal procedure is to weld the strain meter in series with the reinforcing steel that is to be instrumented on the site. For a typical installation see Figure 3. The strain meter is long enough so that it may be welded in place without damaging the internal strain gage element (Figure 1). However, care should still be taken to ensure that the central portion of the strain meter does not become too hot as the plucking coil and protective epoxy could melt. In order to prevent this it may be necessary to place wet rags between the weld area and the coil housing. Also, take care not to damage or burn the instrument cable when welding. After welding, route the instrument cable along the rebar system and tie it off every 3-4 feet (1 meter) using nylon cable ties. Avoid using iron tie wire to secure the cable as the cable could be cut.

Be sure when installing the strain meters to note the location and serial numbers of all instruments. This is necessary for applying the proper calibration factors and determining strain characteristics when reducing data.

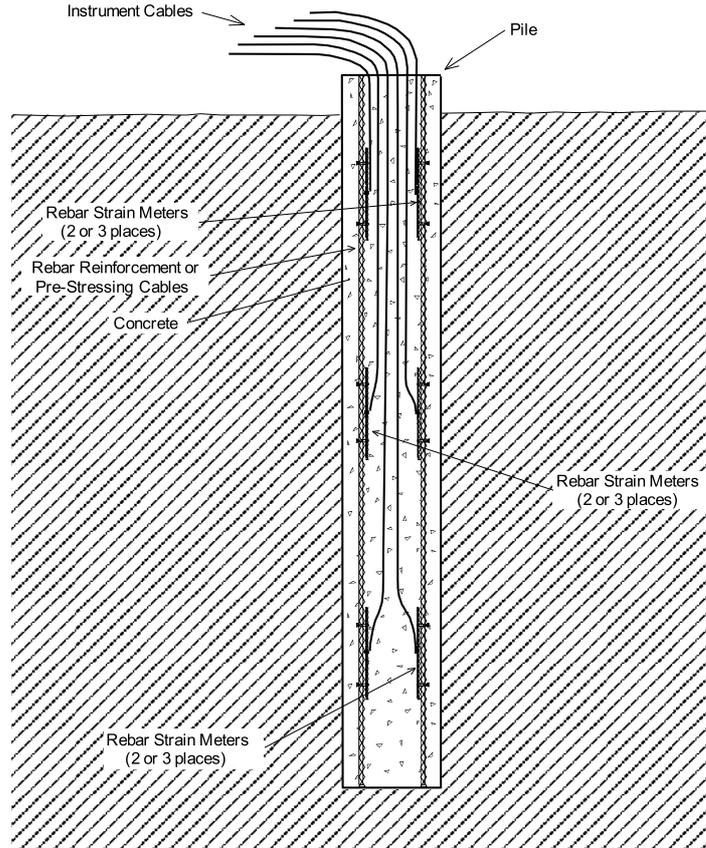


**Figure 3 - Model 4911A Installation**

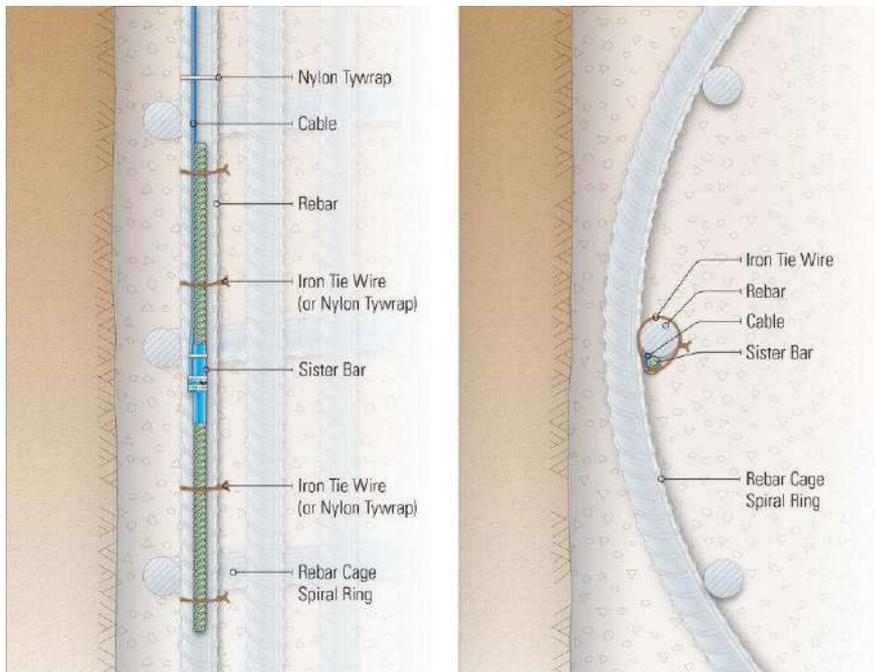
### 2.2.2. Model 4911 "Sister Bar"

The "Sister Bar" is usually installed using standard iron tie wire. Normally ties near the ends and at the one third points are sufficient if the gage is being wired to a larger section of rebar or to horizontal bars. Wiring at the one third points alone is sufficient if the gage is being wired in parallel to the structural rebar. See Figures 4 and 5. Route the instrument cable along the rebar system and tie it off every 3-4 feet (1 meter) using nylon cable ties. Avoid using the tie wire on the instrument cable as it could cut the cable.

Be sure when installing the strain meters to note the location and serial numbers of all instruments. This is necessary for applying the proper calibration factors and determining load characteristics when reducing data.



**Figure 4 - Model 4911 "Sister Bar" Installation**



**Figure 5 - Model 4911 "Sister Bar" Installation Detail**

### **2.3. Cable Installation**

As noted in the installation sections, route the instrument cables along the structural rebar and tie off using nylon cable ties every 2-3 feet (1 meter) to secure. Outside of the instrumented structure, the cable should be protected from accidental damage caused by moving equipment or other construction activity.

Cables may be spliced to lengthen them, without affecting gage readings. Always waterproof the splice completely, especially when embedding within the concrete, preferably using an epoxy based splice kit such the 3M Scotchcast™, model 82-A1. These kits are available from the factory.

## **3. TAKING READINGS**

### **3.1. Operation of the GK-403 Readout Box**

The GK-403 can store gage readings and also apply calibration factors to convert readings to engineering units. Consult the GK-403 Instruction Manual for additional information on Mode "G" of the Readout. The following instructions will explain taking gage measurements using Mode "B".

Connect the Readout using the flying leads or in the case of a terminal station, with a connector. The red and black clips are for the vibrating wire gage, the white and green clips are for the thermistor and the blue for the shield drain wire.

1. Turn the display selector to position "B". Readout is in digits (Equation 1).
2. Turn the unit on and a reading will appear in the front display window. The last digit may change one or two digits while reading. Press the "Store" button to record the value displayed. If the no reading displays or the reading is unstable see section 5 for troubleshooting suggestions. The thermistor will be read and output directly in degrees centigrade.
3. The unit will automatically turn itself off after approximately 2 minutes to conserve power.

### **3.2 Operation of the GK404 Readout Box**

The GK404 is a palm sized readout box which displays the Vibrating wire value and the temperature in degrees centigrade.

The GK-404 Vibrating Wire Readout arrives with a patch cord for connecting to the vibrating wire gages. One end will consist of a 5-pin plug for connecting to the respective socket on the bottom of the GK-404 enclosure. The other end will consist of 5 leads terminated with alligator clips. Note the colors of the alligator clips are red, black, green, white and blue. The colors represent the positive vibrating wire gage lead (red), negative vibrating wire gage lead (black), positive thermistor lead (green), negative thermistor lead (white) and transducer cable drain wire (blue). The clips should be connected to their respectively colored leads from the vibrating wire gage cable.

Use the **POS** (Position) button to select position **B** and the MODE button to select **Dg** (digits). Other functions can be selected as described in the GK404 Manual.

The GK-404 will continue to take measurements and display the readings until the OFF button is pushed, or if enabled, when the automatic Power-Off timer shuts the GK-404 off.

The GK-404 continuously monitors the status of the (2) 1.5V AA cells, and when their combined voltage drops to 2V, the message **Batteries Low** is displayed on the screen. A fresh set of 1.5V AA batteries should be installed at this point

### 3.3 Operation of the GK405 Readout Box

The GK-405 Vibrating Wire Readout is made up of two components:

- the Readout Unit, consisting of a Windows Mobile handheld PC running the GK-405 Vibrating Wire Readout Application
- the GK-405 Remote Module which is housed in a weather-proof enclosure and connects to the vibrating wire sensor by means of:
  - 1) Flying leads with alligator type clips when the sensor cable terminates in bare wires or,
  - 2) by means of a 10 pin connector..

The two components communicate wirelessly using Bluetooth®, a reliable digital communications protocol. The Readout Unit can operate from the cradle of the Remote Module (see Figure 6) or, if more convenient, can be removed and operated up to 20 meters from the Remote Module



Figure 6 GK405 Readout Unit

**For further details consult the GK405 Instruction Manual**

### 3.4. Measuring Temperatures

Each Vibrating Wire Rebar Strain Meter is equipped with a thermistor for reading temperature. The thermistor gives a varying resistance output as the temperature changes. Usually the white and green leads are connected to the internal thermistor.

1. If an ohmmeter is used connect the ohmmeter to the two thermistor leads coming from the strain meter. (Since the resistance changes with temperature are so large, the effect of cable resistance is usually insignificant.)
2. Look up the temperature for the measured resistance in Table B-1. Alternately the temperature could be calculated using Equation B-1.

Note: The GK-403, GK-404 and GK-405 readout boxes will read the thermistor and display temperature in °C automatically.

## 4. DATA REDUCTION

### 4.1. Strain Calculation

The basic units utilized by Geokon for measurement and reduction of data from Vibrating Wire Rebar Strain Meters are "digits". Calculation of digits is based on the following equation;

$$\text{Digits} = \left(\frac{1}{T}\right)^2 \times 10^{-3} \quad \text{or} \quad \text{Digits} = \frac{\text{Hz}^2}{1000}$$

Equation 1 - Digits Calculation

Where: T is the period in seconds. Hz is the frequency in cycles per second.

To convert digits to strain the following equation applies;

$$\epsilon_{\text{apparent}} = (R_1 - R_0) \times C$$

### Equation 2 – Apparent Strain

Where: R<sub>0</sub> is the initial reading in digits, usually obtained at installation or at the commencement of a test.

R<sub>1</sub> is the current reading in digits.

C is the calibration factor from the supplied calibration sheet (see Figure 7).

For example, assume an initial reading, R<sub>0</sub>, of 8000 digits, a current reading, R<sub>1</sub>, of 7700, and a calibration factor, C, of 0.343 microstrain per digit.

$$\epsilon_{\text{apparent}} = (7700 - 8000) \times 0.343 = - 102.9 \mu\epsilon \text{ (compression)}$$

#### 4.2. Temperature Correction

Rebar strain meters are usually embedded in concrete and strained by the concrete, the assumption being that ***the strain in the meter is equal to the strain in the concrete***. When the temperature changes, the concrete expands and contracts at a rate slightly less than the rate of the steel of the vibrating wire. The coefficients of expansion are:

<b>Steel (<math>K_{\text{steel}}</math>):</b>	12.2 ppm/°C	6.7 ppm/°F
<b>Concrete (<math>K_{\text{concrete}}</math>):</b>	≈10 ppm/°C	≈5.5 ppm/°F
<b>Difference (K):</b>	2.2 ppm/°C	1.2 ppm/°F

Table 1 - Thermal Coefficients

Hence a correction is required to the apparent strains equal to the difference of these two coefficients. See Equation 3.

$$\epsilon_{\text{load related}} = ((R_1 - R_0) \times C) + ((T_1 - T_0) \times K)$$

#### Equation 3 – Load Related Strain

Where:  $T_0$  is the initial temperature recorded at the time of installation.  
 $T_1$  is the current temperature.  
 $K$  is the thermal coefficient from Table 1.

The strains thus calculated are due to load changes only.

Using the same example :  $R_0 = 8000$  digits on channel B and  $R_1 = 7700$  digits on channel B  
 $T_0 = 20^\circ\text{C}$  and  $T_1 = 60^\circ\text{C}$  (during the concrete curing).

The strain corrected for temperature (i.e. due to load changes only)

$$= (7700 - 8000) 0.343 + (60 - 20) (12.2 - 10) = - 14.9 \mu\text{strain (compression)}$$

Note that the actual strain, the one that could be measured with a tape measure, i.e the strain actually undergone by the concrete is given by the expression

$$\epsilon_{\text{actual}} = ((R_1 - R_0) \times C) + ((T_1 - T_0) \times K_{\text{steel}})$$

#### Equation 4 –Actual strain

The **apparent** strain =

$$(7700 - 8000) \times 0.343 = - 103 \mu\text{strain (compression)}$$

The **load related** strain =

$$(7700 - 8000) \times 0.343 + (60 - 20) \times (12.2 - 10) = - 15 \mu\text{strain (compression)}$$

The **actual strain** =

$$(7700 - 8000) \times 0.343 + (60-20) \times (12.2) = +385 \mu\text{strain (tension)}$$

From this example it can be seen that while the concrete was actually expanding by 385 microstrains due to the temperature increase the apparent strain was 103 microstrains in compression and the actual change of strain due to increased stress in the concrete was only 15 microstrains compression.

### 4.3. Environmental Factors

Since the purpose of the strain meter installation is to monitor site conditions, factors which may affect these conditions should be observed and recorded. Seemingly minor effects may have a real influence on the behavior of the structure being monitored and may give an early indication of potential problems. Some of these factors include, but are not limited to: blasting, rainfall, tidal or reservoir levels, excavation and fill levels and sequences, traffic, temperature and barometric changes, changes in personnel, nearby construction activities, seasonal changes, etc.

### 4.4. Shrinkage Effects

A well known property of concrete is its propensity to shrink as the water content diminishes, or for the concrete to swell as it absorbs water. This shrinkage and swelling can give rise to large apparent strain changes that are not related to load or stress changes. The magnitude of the strains can be several hundred microstrain. It is difficult to compensate for these unwanted strains. An attempt may be made, or it may occur naturally, to keep the concrete under a constant condition of water content. But this is frequently impossible on concrete structures exposed to varying weather conditions. Sometimes an attempt is made to measure the shrinkage and/or swelling effect by casting a strain gage inside a concrete block that remains unloaded but exposed to the same moisture conditions as the active gages. Strains measured on this gage may be used as a correction.

### 4.5. Converting Strains to Loads

The load  $L$  in any structural element to which the rebar strain gage or Sister-Bar Strain Gage is attached is given by the formula

$$L = E \nu A$$

Where  $E$  is the elastic modulus of the structural element, in the appropriate units

$\nu$  is the strain in microstrain and

$A$  is the cross-sectional area in the appropriate units

Where strain gages are installed in concrete piles it is standard practice to install them in pairs on either side of the neutral axis, at each depth horizon. This is done so that any strains imposed by bending can be cancelled out by taking the average strain of the two strain gages. It is also standard practice to install a pair of strain gages close to the top of the pile where the measure strain is used to calculate  $E$ , the modulus of the concrete.

**GEOKON** 48 Spencer St. Lebanon, N.H. 03766 USA

### Sister Bar Calibration Report

Model Number : 4911-4 Calibration Date: August 24, 2005  
 Serial Number: 05-13400 Cal. Std. Control Numbers: 85888-1, 398  
 Prestress: 35,000 psi Cable Length: 100 ft.  
 Temperature: 23.3 °C Factory Zero Reading: 7131  
 Calibration Instruction: CI-VW Rebar Rev. B Regression Zero: 7137  
 Technician: *Jill Colbourne*

Applied Load: (pounds)	Readings				Linearity % Max Load
	Cycle #1	Cycle #2	Average	Change	
100	7193	7196	7195		
1,500	7868	7873	7871	676	-0.27
3,000	8610	8619	8615	744	-0.18
4,500	9364	9371	9368	753	0.22
6,000	10100	10106	10103	736	0.02
100	7197				

*For conversion factor, load to strain, refer to table C-2 of the Installation Manual.*

Gage Factor: 0.343 Microstrain/Digit (GK-401 Pos. "B")

**Calculated Strain = Gage Factor(Current Reading - Zero Reading)**

Note: The above calibration uses the linear regression method.

**Users are advised to establish their own zero conditions.**

Linearity:  $((\text{Calculated Load}-\text{Applied Load})/\text{Max. Applied Load}) \times 100$  percent  
 The above instrument was found to be In Tolerance in all operating ranges.  
 The above named instrument has been calibrated by comparison with standards traceable to the NIST, in compliance with ANSI Z540-1.  
 This report shall not be reproduced except in full without written permission of Geokon Inc.

Figure 7 - Sample Model 4911 Calibration Sheet

## **5. TROUBLESHOOTING**

Maintenance and trouble shooting of Vibrating Wire Rebar Strain Meters are confined to periodic checks of cable connections. Once installed, the meters are usually inaccessible and remedial action is limited.

Consult the following list of problems and possible solutions should difficulties arise. Consult the factory for additional troubleshooting help.

### ***Symptom: Strain Meter Readings are Unstable***

- ✓ Is the readout box position set correctly? If using a datalogger to record readings automatically are the swept frequency excitation settings correct? Channel A of the GK-401 and GK-403 can be used to read the strain meter. To convert the Channel A period display to digits use Equation 1.
- ✓ Is there a source of electrical noise nearby? Most probable sources of electrical noise are motors, generators and antennas. Make sure the shield drain wire is connected to ground whether using a portable readout or datalogger. If using the GK-401 Readout connect the clip with the green boot to the bare shield drain wire of the strain meter cable. If using the GK-403 connect the clip with the blue boot to the shield drain wire.
- ✓ Does the readout work with another strain meter? If not, the readout may have a low battery or be malfunctioning.

### ***Symptom: Strain Meter Fails to Read***

- ✓ Is the cable cut or crushed? This can be checked with an ohmmeter. For the 4911A, nominal resistance between the two gage leads (usually red and black leads) is  $50\Omega$ ,  $\pm 5\Omega$ , the same for the 4911,  $50\Omega$ ,  $\pm 5\Omega$ . Remember to add cable resistance when checking (22 AWG stranded copper leads are approximately  $14.7\Omega/1000'$  or  $48.5\Omega/\text{km}$ , multiply by 2 for both directions). If the resistance reads infinite, or very high (megohms), a cut wire must be suspected. If the resistance reads very low ( $<20\Omega$ ) a short in the cable is likely.
- ✓ Does the readout or datalogger work with another strain meter? If not, the readout or datalogger may be malfunctioning.

### ***Symptom: Thermistor resistance is too high.***

- ✓ Is there an open circuit? Check all connections, terminals and plugs. If a cut is located in the cable, splice according to instructions in Section 2.3.

### ***Symptom: Thermistor resistance is too low.***

- ✓ Is there a short? Check all connections, terminals and plugs. If a short is located in the cable, splice according to instructions in Section 2.3.
- ✓ Water may have penetrated the interior of the strain meter. There is no remedial action.

**APPENDIX A - SPECIFICATIONS****A.1. Rebar Strain Meters**

<b>Model:</b>	<b>4911A</b>	<b>4911 "Sister Bar"</b>
Range:	3000 $\mu\epsilon$ (Standard range is 60% in compression)	
Rebar Sizes Available: <sup>1</sup>	#6, #7, #8, #9, #10, #11, #12	#4, #5
Sensitivity:	0.025% FSR	
Accuracy:	0.25% FSR	
Linearity:	0.25% FSR	
Operating Temperature:	-40 to +90° C -40 to 200° F	
Operating Frequency:	1400-3200 Hz	
Coil Resistance:	50+/- 5 $\Omega$	50+/-5 $\Omega$
Length:	43.5", 1105 mm	36", 914 mm
Materials:	Grade 60 Rebar, (60ksi yield), and High Strength Steel	
Electrical Cable:	2 twisted pair (4 conductor) 22 AWG Foil shield, PVC jacket, nominal OD=6.3 mm (0.250")	

Table A-1 Model 4911A/4911 Strain Meter Specifications

**Notes:**

<sup>1</sup> Consult the factory for other sizes available.

**A.2 Thermistor (see Appendix B also)**

Range: -80 to +150° C

Accuracy:  $\pm 0.5^\circ$  C

## APPENDIX B - THERMISTOR TEMPERATURE DERIVATION

Thermistor Type: YSI 44005, Dale #1C3001-B3, Alpha #13A3001-B3

Resistance to Temperature Equation:

$$T = \frac{1}{A + B(\text{Ln}R) + C(\text{Ln}R)^3} - 273.2$$

Equation B-1 Convert Thermistor Resistance to Temperature

Where; T = Temperature in °C.

LnR = Natural Log of Thermistor Resistance

A =  $1.4051 \times 10^{-3}$  (coefficients calculated over the -50 to +150° C. span)

B =  $2.369 \times 10^{-4}$

C =  $1.019 \times 10^{-7}$

Ohms	Temp	Ohms	Temp	Ohms	Temp	Ohms	Temp	Ohms	Temp
201.1K	-50	16.60K	-10	2417	+30	525.4	+70	153.2	+110
187.3K	-49	15.72K	-9	2317	31	507.8	71	149.0	111
174.5K	-48	14.90K	-8	2221	32	490.9	72	145.0	112
162.7K	-47	14.12K	-7	2130	33	474.7	73	141.1	113
151.7K	-46	13.39K	-6	2042	34	459.0	74	137.2	114
141.6K	-45	12.70K	-5	1959	35	444.0	75	133.6	115
132.2K	-44	12.05K	-4	1880	36	429.5	76	130.0	116
123.5K	-43	11.44K	-3	1805	37	415.6	77	126.5	117
115.4K	-42	10.86K	-2	1733	38	402.2	78	123.2	118
107.9K	-41	10.31K	-1	1664	39	389.3	79	119.9	119
101.0K	-40	9796	0	1598	40	376.9	80	116.8	120
94.48K	-39	9310	+1	1535	41	364.9	81	113.8	121
88.46K	-38	8851	2	1475	42	353.4	82	110.8	122
82.87K	-37	8417	3	1418	43	342.2	83	107.9	123
77.66K	-36	8006	4	1363	44	331.5	84	105.2	124
72.81K	-35	7618	5	1310	45	321.2	85	102.5	125
68.30K	-34	7252	6	1260	46	311.3	86	99.9	126
64.09K	-33	6905	7	1212	47	301.7	87	97.3	127
60.17K	-32	6576	8	1167	48	292.4	88	94.9	128
56.51K	-31	6265	9	1123	49	283.5	89	92.5	129
53.10K	-30	5971	10	1081	50	274.9	90	90.2	130
49.91K	-29	5692	11	1040	51	266.6	91	87.9	131
46.94K	-28	5427	12	1002	52	258.6	92	85.7	132
44.16K	-27	5177	13	965.0	53	250.9	93	83.6	133
41.56K	-26	4939	14	929.6	54	243.4	94	81.6	134
39.13K	-25	4714	15	895.8	55	236.2	95	79.6	135
36.86K	-24	4500	16	863.3	56	229.3	96	77.6	136
34.73K	-23	4297	17	832.2	57	222.6	97	75.8	137
32.74K	-22	4105	18	802.3	58	216.1	98	73.9	138
30.87K	-21	3922	19	773.7	59	209.8	99	72.2	139
29.13K	-20	3748	20	746.3	60	203.8	100	70.4	140
27.49K	-19	3583	21	719.9	61	197.9	101	68.8	141
25.95K	-18	3426	22	694.7	62	192.2	102	67.1	142
24.51K	-17	3277	23	670.4	63	186.8	103	65.5	143
23.16K	-16	3135	24	647.1	64	181.5	104	64.0	144
21.89K	-15	<b>3000</b>	<b>25</b>	624.7	65	176.4	105	62.5	145
20.70K	-14	2872	26	603.3	66	171.4	106	61.1	146
19.58K	-13	2750	27	582.6	67	166.7	107	59.6	147
18.52K	-12	2633	28	562.8	68	162.0	108	58.3	148
17.53K	-11	2523	29	543.7	69	157.6	109	56.8	149
								55.6	150

Table B-1 Thermistor Resistance versus Temperature

## APPENDIX C – DERIVING THE CALIBRATION FACTOR, C, FROM THE TEST DATA

The Model 4911A/4911 Strain Meters are calibrated by loading them in a testing machine hence the gage factor, C, must be determined after converting loads to strains. This is done as follows: The central section of the rebar strain meter, the unbonded length, (7.5" or 19.05 cm long) contains a vibrating wire sensor located axially at the mid-section. See Figure C-1.

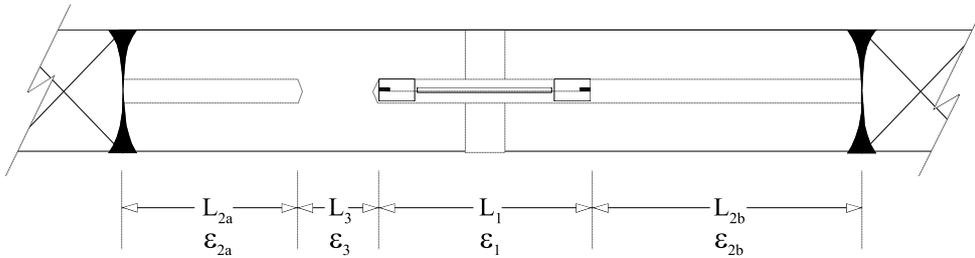


Figure C-1 Rebar Strain Meter Schematic

To convert the observed change in readout digits,  $\Delta R$ , into a strain,  $\epsilon_t$ , for the entire length (7.5 in., 19.05 cm) of the unbonded section, requires solution of the following equation:

$$\epsilon_t = \frac{(\epsilon_1 \times L_1) + (\epsilon_2 \times L_2) + (\epsilon_3 \times L_3)}{L_1 + L_2 + L_3}$$

Equation C-1 Total Strain Calculation

Where:  $\epsilon_t$  is the total strain of the unbonded section.  
 $\epsilon_1$  is the strain in zone 1, determined empirically from the equation for the vibrating wire sensor itself, i.e.,  $\epsilon_1 = \Delta R \times 0.359 \times 10^{-6}$  where  $\Delta R$  is the change in readout digits.  
 $\epsilon_2, \epsilon_3$  are the strains in zones 2 and 3, respectively, dependent on the load and cross-sectional area, see Equations C-2 and C-3.  
 $L_1$  is 2.000" (5.08 cm).  
 $L_2$  is 5.000" (12.7 cm).  
 $L_3$  is 0.500" (1.27 cm).

$$\epsilon_2 = \frac{P}{a_2 \times E}$$

$$\epsilon_3 = \frac{P}{a_3 \times E}$$

Equation C-2 Zone 2 Calculation Equation C-3 Zone 3 Calculation

Where: P is the load in pounds or kilograms.  
 $a_2$  and  $a_3$  are the cross-sectional areas in inches<sup>2</sup> or cm<sup>2</sup>. See Table C-1.  
E is the Young's Modulus,  $30 \times 10^6$  psi or  $2.1 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup> (or MPa  $\times 10.197$ )

P is also given by the following equation:  $P = \Delta R \times F$

Where: P is the applied load in pounds or kilograms.  
 $\Delta R$  is the corresponding change in readout digits.  
F is the calibration factor expressed as lbs. or kg. per readout digit.

Rebar Size	Diameter	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>
#4	0.500 in. 1.27 cm	0.196 in <sup>2</sup> 1.264 cm <sup>2</sup>	0.248 in <sup>2</sup> 1.60 cm <sup>2</sup>
#5	0.625 in. 1.59 cm	0.3058 in <sup>2</sup> 1.973 cm <sup>2</sup>	0.357 in <sup>2</sup> 2.303 cm <sup>2</sup>
#6	0.750 in. 1.905 cm	0.390 in <sup>2</sup> 2.516 cm <sup>2</sup>	0.442 in <sup>2</sup> 2.852 cm <sup>2</sup>
#7	0.875 in. 2.222 cm	0.549 in <sup>2</sup> 3.542 cm <sup>2</sup>	0.601 in <sup>2</sup> 3.877 cm <sup>2</sup>
#8	1.000 in. 2.54 cm	0.733 in <sup>2</sup> 4.729 cm <sup>2</sup>	0.785 in <sup>2</sup> 5.065 cm <sup>2</sup>
#9	1.125 in. 2.858 cm	0.942 in <sup>2</sup> 6.077 cm <sup>2</sup>	0.994 in <sup>2</sup> 6.413 cm <sup>2</sup>
#10	1.250 in. 3.175 cm	1.175 in <sup>2</sup> 7.580 cm <sup>2</sup>	1.227 in <sup>2</sup> 7.916 cm <sup>2</sup>
#11	1.375 in. 3.493 cm	1.432 in <sup>2</sup> 9.239 cm <sup>2</sup>	1.485 in <sup>2</sup> 9.580 cm <sup>2</sup>
#12	1.500 in	1.714 in <sup>2</sup>	1.766 in <sup>2</sup>
#14	1.750 in	2.352 in <sup>2</sup>	2.404 in <sup>2</sup>

Table C-1 Unbonded Section Dimensions

By making the various substitutions of Table C-1 we can obtain the relationship between strain in the unbonded section versus change in readout digits.

For example, let us make the substitutions, using English conventions, for the #6 rebar;

$$\varepsilon_t = \Delta R \times \left( \frac{0.359 \times 2 + F \left( \frac{5}{30 \times 0.390} + \frac{0.5}{30 \times 0.442} \right)}{7.5} \right) \times 10^{-6}$$

$$\varepsilon_t = \Delta R (0.0957 + F(0.06205)) \times 10^{-6}$$

Similarly, for the other sizes of rebar yielding the table below.

So, to obtain the micro-strain/digit gage factor (C) from the lbs. or kg. per digit gage factor (F)

Rebar Size	Conversion Formula - English	Conversion Formula - Metric
#4	C = 0.0957 + F x 0.12220	C = 0.0957 + F x 0.2707
#5	C = 0.0957 + F x 0.07888	C = 0.0957 + F x 0.2091
#6	C = 0.0957 + F x 0.06205	C = 0.0957 + F x 0.1373
#7	C = 0.0957 + F x 0.04416	C = 0.0957 + F x 0.0977
#8	C = 0.0957 + F x 0.03310	C = 0.0957 + F x 0.0733
#9	C = 0.0957 + F x 0.02584	C = 0.0957 + F x 0.0572
#10	C = 0.0957 + F x 0.02073	C = 0.0957 + F x 0.0459
#11	C = 0.0957 + F x 0.01700	C = 0.0957 + F x 0.0377
#12	C = 0.0957 + F x 0.01422	C = 0.0957 + F x 0.0315
#14	C = 0.0957 + F x 0.01037	C = 0.0957 + F x 0.0230

Table C-2 Microstrain Conversion Factors

#### 4.4 ANEXO 4: CATÁLOGO DE CÉLULA DE CARGA

# ANEXO 4

## CATÁLOGO DE CÉLULA DE CARGA



# O-Cell® PRUEBA DE CARGA BIDIRECCIONAL

La Osterberg Cell® (O-Cell®) es el método de primera categoría para pruebas de carga estáticas para pilotes. Mediante investigación y trabajo exhaustivo, Loadtest ha redefinido la ciencia de las pruebas de carga con el O-Cell.

Ningún proyecto es demasiado grande o pequeño para disfrutar de las ventajas del Osterberg Cell. Hasta hoy, Loadtest ha realizado miles de pruebas de O-Cell exitosas en más de 60 países. Varios récords mundiales para pruebas de carga han sido impuestos con el uso del O-Cell incluyendo el récord mundial de 36,300 toneladas impuesto en Louisville, Kentucky en el 2013. Muchos pilotes de alta capacidad extrema están siendo diseñados hoy en día como resultado directo de la habilidad de Loadtest de verificar su capacidad.

## TECNOLOGÍA O-CELL

El Dr. Jorj O. Osterberg, Profesor Emeritus de Ingeniería Civil en la Universidad de Northwestern, inventó y desarrolló la Osterberg Cell para satisfacer la necesidad de la industria de la construcción de un método innovador y efectivo para probar pilotes perforados de alta capacidad. Ya no es necesario confiar en pruebas de carga a escala reducida debido a los enormes gastos de pruebas convencionales en los pilotes de gran diámetro. Los errores que no son conservadores debido a las pruebas a escala reducida pueden ser eliminados al realizar pruebas en pilotes de escala real utilizados en producción.



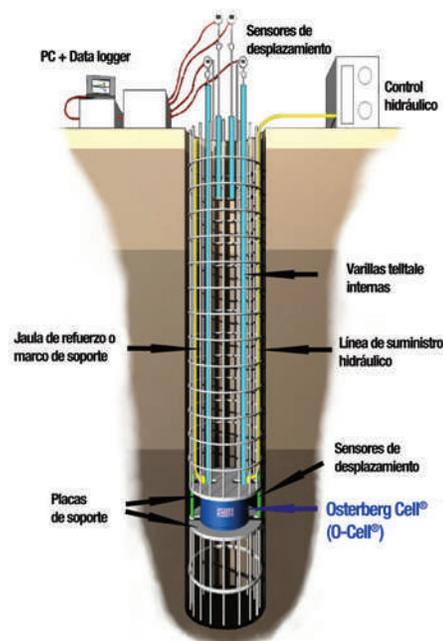
Instalación de jaula



La O-Cell es un dispositivo de carga sacrificable, operado hidráulicamente y calibrado individualmente que se instala dentro de la fundación. Aplicando carga en dos direcciones, hacia arriba en contra de la resistencia de fuste y hacia abajo en contra de la resistencia de punta, la O-Cell separa automáticamente la data de resistencia y desplazamiento para cada componente del pilote. Debido a su instalación dentro de la fundación, la prueba de carga con O-Cell no está restringida por los límites de vigas estructurales y pilotes de amarre. En cambio, la O-Cell deriva toda la reacción a partir del sistema de suelo y/o roca con cada componente de resistencia de la pila proporcionando la reacción para la carga del otro.

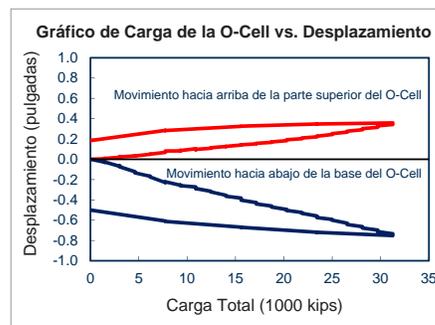


Cinco O-cells en un solo montaje

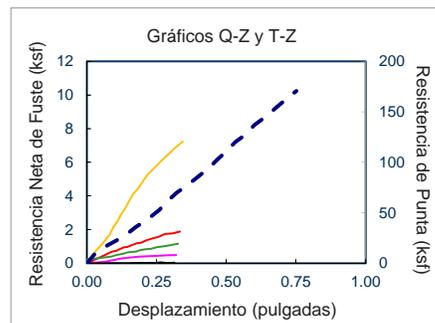


## RESULTADOS DE LA PRUEBA

Con la ubicación típica de la O-cell, muy cerca de la punta del pilote, es muy sencillo determinar la resistencia de fuste y la resistencia de punta. La prueba es realizada hasta que la capacidad última hacia arriba o hacia abajo sea alcanzada o si se alcanza la expansión máxima de la O-Cell o si se alcanza la capacidad máxima de carga. El uso de medidores de deformación dentro de la fundación ayuda a determinar la distribución de carga a lo largo de la fundación. El análisis de los resultados de la prueba es preparado por los expertos en pruebas O-Cell en Loadtest, que preparan un informe completo que presenta todos los datos de la prueba y los análisis para el uso inmediato del ingeniero de diseño.



Gráficos de carga – desplazamiento



Gráficos de resistencia de fuste y resistencia de punta

## Loadtest

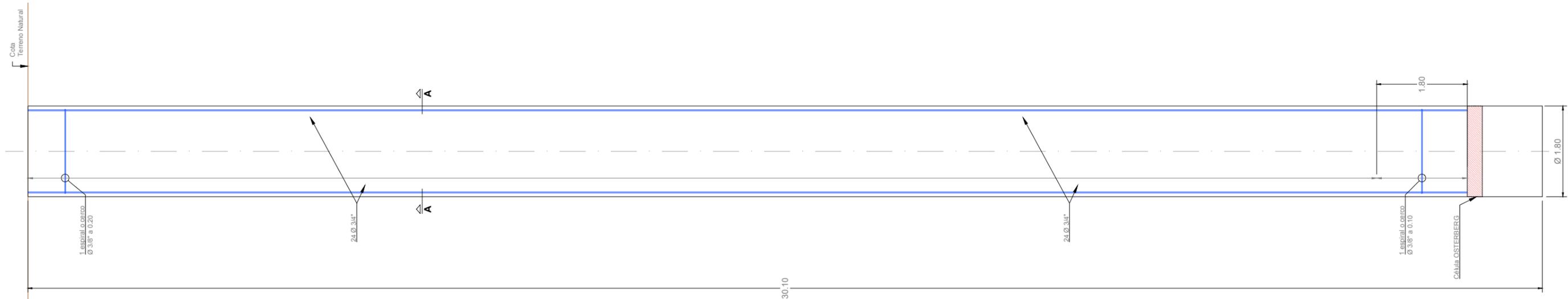
Teléfono: 800 368 1138 (US)  
 Teléfono: 352 378 3717  
 Email: info@loadtest.com  
 www.loadtest.com



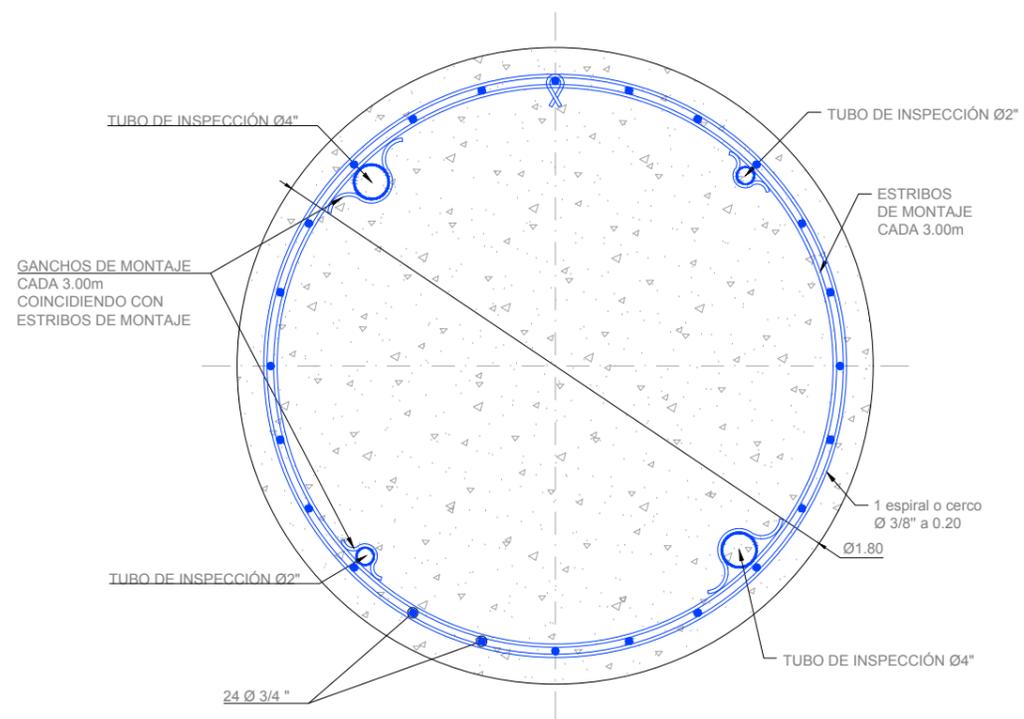
## 4.5 ANEXO 5: PLANO DE ARMADURA DEL PILOTE

# ANEXO 5

# PLANO DE ARMADURA DEL PILOTE



REFUERZO PILOTE PARA PRUEBA DE CARGA  
ESC: 1/40



Z:\comunefran2016\1005\_armado\_pilote\_prueba\_smsa\_smsa\_5\m2-cml-01a-d-xxx-xxxx-xxxx-gen-pl-0xxx-x.dwg - 05/10/2016 - 17:49



Diseño:	
Dibujo:	
Verifico:	
Presento:	

Aprobó:	
---------	--

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION

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

PLANO N°:	
-----------	--

ESCALA:	
FECHA:	
PLANO N°:	



## NOTA EXPLICATIVA

---

A: CONSORCIO SUPERVISOR INTERNACIONAL LÍNEA 2 (CSIL2)

ASUNTO: **Resultados de ensayos de prueba de integridad de pilotes por el método sónico Cross Hole y PIT en estación N°24.**

REFERENCIA: -

FECHA: Lima, 30 de Noviembre de 2016

---

Por medio de la presente hacemos entrega de los resultados obtenidos en las pruebas de integridad de pilotes mediante los métodos de Cross Hole y PIT, en la estación N°24.

Los pilotes ensayados se describen a continuación:

Ensayos Cross Hole:

- Pilote 12A
- Pilote VIII.2
- Pilote XI.1 y
- Pilote IX.2

Ensayos PIT:

- Pilote 12A
- Pilote VIII.2 y
- Pilote IX.2

Dichas pruebas fueron realizadas en conjunto con la Supervisión en la estación N°24, cumpliendo con los procedimientos establecidos para la ejecución de cada prueba.

Tal como describen los informes, se verifica que no se encuentra ningún daño en las longitudes de pilote analizadas (existe continuidad del concreto), por lo cual solicitamos la aprobación de los resultados presentados.

Atentamente,

  
  
  
José Carlos García Cortés  
Coord. Control de Calidad - Estaciones  
Consorcio Constructor M2 Lima

Adjuntos en físico:

- Informe de ensayo Cross Hole (37 paginas)
- Informe de prueba de integridad de Pilotes PIT (19 paginas)

## **INFORME FINAL**

### **Integridad estructural de pilotes - CROSSHOLE**

<b>Obra:</b>	LÍNEA 2 DEL METRO DE LIMA – ESTACIÓN N° 24
<b>Fecha Informe:</b>	23 de Noviembre del 2016
<b>Localización:</b>	Estación N° 24
<b>Expediente:</b>	---
<b>N° Registro:</b>	APP0001/112016
<b>Fecha ensayo:</b>	14, 15 y 19 de Noviembre del 2016
<b>Observaciones:</b>	---

### **Ciente:**

#### **Consorcio Constructor M2 Lima**

RUC: 20557987020

Avenida República de Colombia

N° 791 – San Isidro

Ciudad de Lima - Perú

## INDICE

### Descripción de los trabajos

1. Introducción .....	3
2. Características de los Pilotes .....	4
3. Descripción de los Ensayos.....	7
3.2 Fundamentos Teóricos.....	10
3.4 Corrección de errores.....	12
3.5 Posibles causas de los picos .....	12
4. Resultados Obtenidos .....	13
5. Anexos .....	15
5.1. DIAGRAFIAS REGISTRADAS EN LOS PILOTES: .....	15
12.A, VIII.2, XI.1, IX.2 .....	15
5.2. GALERIA FOTOGRÁFICA:.....	32

## 1. Introducción

El Consorcio Constructor M2 Lima ha encargado a la empresa Applus+ la realización de ensayos de integridad a los pilotes que se están construyendo en las diferentes estaciones de la línea del metro.

Este primer servicio inicia en la estación 24, donde se han emplazado 6 pilotes, los cuales el Consorcio tiene la obligación de ensayar y verificar la correcta construcción y sobre todo la integridad del pilote.

Los ensayos de integridad programados son del tipo Cross Hole y PIT (Pile Integrity Test), los cuales tienen por objetivo determinar y mostrar mediante diagramas o diagragfías, la presencia de fallas o daños a lo largo del fuste de los pilotes.

El servicio se inició el día 14 de noviembre del 2016 y se hicieron 3 ingresos, hasta poder obtener los datos adecuados. El día lunes 14 se ingresó al proyecto pero no se realizó ningún análisis porque los pilotes no se encontraban limpios y el descabezado se estaba realizando en alguno de los pilotes, es por esto que este día se impartieron las indicaciones al personal que estaba realizando este trabajo y de esta manera poder ingresar al día siguiente.

El día 15 de noviembre se ingresó a la zona de trabajo y se inició con el análisis de integridad tipo PIT, con el cual se consiguió determinar los parámetros iniciales sobre la construcción de los pilotes y posteriormente se realizaron los ensayos de Integridad tipo Cross Hole, en cada uno de los pilotes señalados por el Consorcio. Durante la realización de estos ensayos se pudo determinar que algunos de los tubos metálicos por donde se realiza el ensayo, se encontraban tapados u obstruido con material, por lo que se recomendó realizar una limpieza de las tuberías con agua a presión y poder recuperar algunos metros de profundidad y obtener una gráfica completa de integridad del pilote.

EL día 16 de Noviembre se realizó la Limpieza de las tuberías a presión y así poder alcanzar la profundidad total de cada pilote, también se preparó los tubos de los pilotes para poder realizar las mediciones con el equipo de CROSS HOLE, este trabajo estuvo a cargo del personal responsable del CONSORCIO.

El día 19 de noviembre, se realizó el monitoreo o auscultación de integridad en 4 pilotes con el método o ensayo de tipo Cross Hole.

## 2. Características de los Pilotes

Los pilotes ensayados son fundidos in situ de concreto armado de cemento tipo IP con  $f'c = 400 \text{ Kg/cm}^2$ , diámetro de 1,500 mm y las longitudes a evaluar están entre los 30.00m a 40.00m respecto al Nivel de Instrumentación del Pilote (nivel del superior de pilote en fondo de losa de la Zona 03). Los pilotes fueron instalados verticales.

Pilote Nro.	Longitud Total (m)	Cotas (m)	Volumen Real Bruto/Volumen Teórico	Edad del Concreto	Tubería Expuesta N (m)	Tubería Expuesta S (m)	Tubería Expuesta W (m)	Tubería Expuesta E (m)
PILOTE 12 A	40.44	298.016 257.580	1.06	46 días	Promedio = 0.71m			
					0.70m ( $\phi 2''$ )	0.72m ( $\phi 2''$ )	0.70m ( $\phi 4''$ )	0.72m ( $\phi 4''$ )
PILOTE VIII.2	33.52	298.099 264.580	1.10	39 días	Promedio = 0.85m			
					0.84m ( $\phi 4''$ )	0.86m ( $\phi 4''$ )	0.87m ( $\phi 2''$ )	0.81m ( $\phi 2''$ )
PILOTE XI.1	16.73*	298.182 (NE) 288.610(NSP) 271.880(NIP)	1.18*	54 días	Promedio = 0.28m			
					0.38m ( $\phi 4''$ )	0.38m ( $\phi 4''$ )	0.00m ( $\phi 2''$ )	0.37m ( $\phi 2''$ )
PILOTE IX.2	31.10	298.182 267.080	1.06	42 días	Promedio = 0.51m			
					0.27m ( $\phi 4''$ )	0.68m ( $\phi 4''$ )	0.72m ( $\phi 2''$ )	0.38m ( $\phi 2''$ )

Tabla 1: Características de los Pilotes

(\*) En el caso del Pilote XI.1, es distinto el nivel de ensayo (NE) con respecto al nivel superior de pilote (NSP) requerido en los planos en una profundidad aproximada de 9.57m. La longitud efectiva del pilote de concreto armado es de 16.73m. El nivel de ensayo (NE) se ha considera similar al del pilote más cercano (IX.2). Los volúmenes de concreto reales son mayores al volumen teórico debido al exceso que se utiliza para garantizar la integridad del pilote separando el concreto pobre o reducido de la longitud requerida por lo que se considerará que está en un ratio similar a los otros pilotes.

Para fines del presente ensayo se han colocado dos pares de tuberías de acero empotradas en el pilote. Las características de las tuberías utilizadas en el presente proyecto son:

Tamaño Nominal (Pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Espesor de Pared (mm)	Peso (Kg/m)
2.0	60.30	3.91	5.44
4.0	101.60	6.02	16.07

Cabe mencionar que durante el ensayo se mantuvieron rellenos con agua todas las columnas de tuberías empotradas en todos los pilotes sin embargo se presentaba perdida de agua en algunos casos (Ver registros de ensayo de cada pilote).

Los cuatro (04) pilotes fueron ejecutados con el mismo procedimiento de perforación con equipo BAUER BG 30 (Torque = 300 KN.m) y fundido mediante sistema tremie a cargo de la Empresa Terratest. Es recomendable ver registros de ejecución de los pilotes para información específica.

A continuación se muestra el esquema general de distribución en planta de los pilotes ensayados en la Zona 03 de la Estación Nro. 24:

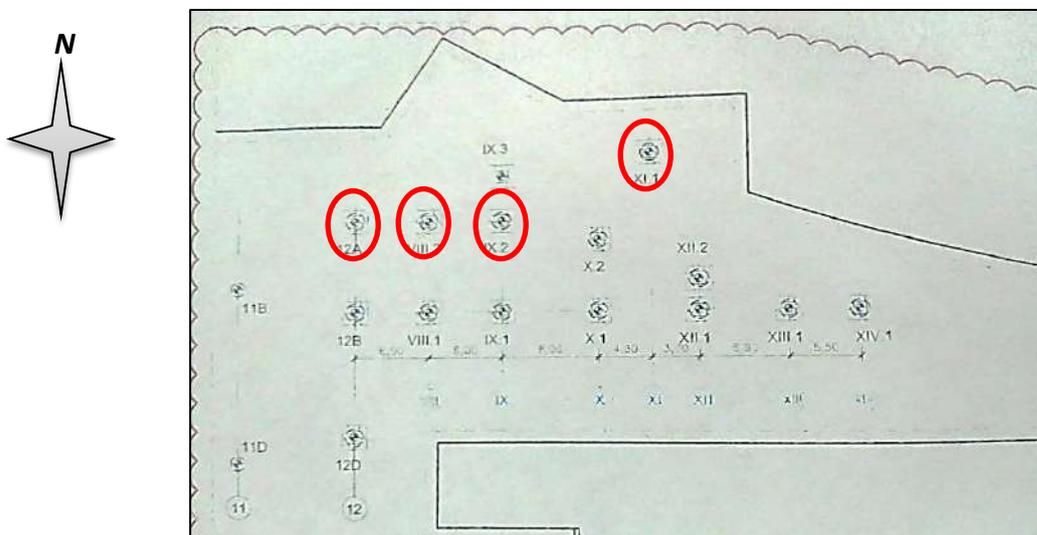


Figura 1: Ubicación de Pilotes Ensayados.

De acuerdo al Plano de Perfil Geotécnico de la Especialidad de Geología y Geotecnia para la Estación 24 – Mercado Santa Anita – Línea 02: ML2-CML-01A-C-010-SMSA- OCGEO-DIS-PL-0502-01 de enero del 2,016; se tiene lo siguiente:

Nivel de Superior de Pilote:

(Profundidad de Pilote = 0.00m → Cota: + 298.099msnm aprox.)

- Profundidad = 26.10m (hasta +272msnm) SPT >50 Suelo: GP -GM
- Profundidad = 42.10m (hasta +256msnm) SPT >50 Suelo: SP-SM/SW
- Resto (hasta +252msnm) SPT > 50 Suelo: Lentes de CH –CL – Estratos GP-SP

El nivel freático durante el estudio de suelos fue encontrado aproximadamente a un nivel de +270 msnm aproximadamente a 29.0m por debajo del nivel superior de pilote.

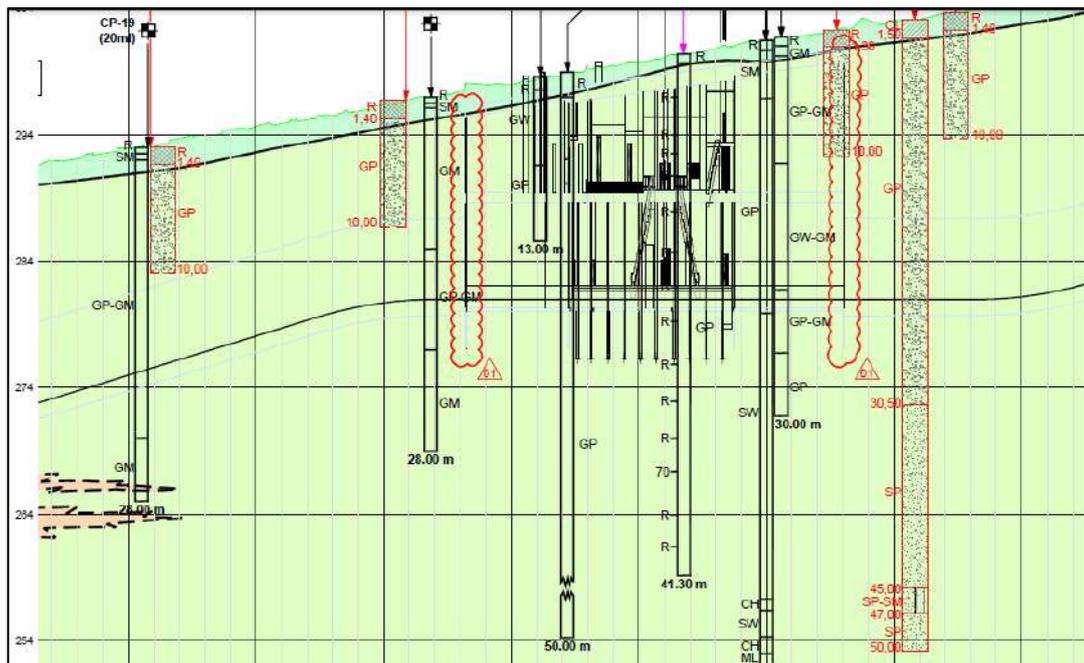


Figura 2: Estratigrafía de la Estación Nro. 24.

### 3. Descripción de los Ensayos

#### 3.1 Equipo utilizado y descripción del método:

Para la realización de los ensayos se ha utilizado un equipo CHUM (Cross Hole Monitor) desarrollado por la empresa Piletest.com Ltd., uno de los principales fabricantes mundiales de equipos para ensayos de integridad de pilotes y pantallas utilizando técnicas “no destructivas”.

Los ensayos de integridad de pilotes o elementos pantalla suministran información sobre las características físicas, continuidad o compacidad de los materiales utilizados en los elementos. En el caso de detectarse anomalías<sup>1</sup> mediante los ensayos de integridad, la dirección de la obra puede recurrir a otros métodos con el fin de investigar las causas, naturaleza y extensión de la anomalía y determinar si el pilote o elemento pantalla es apto para el uso que se pretende. Los métodos que pueden utilizarse son excavación del elemento o ejecución de sondeos mecánicos.

El ensayo desarrollado se basa en registrar el tiempo de propagación de una onda ultrasónica entre dos sondas (emisora y receptora) que se desplazan simultáneamente por dos tuberías ligadas a la armadura del pilote o pantalla. Durante el recorrido a lo largo de las tuberías, la sonda emisora produce una serie de pulsos de alta frecuencia, generalmente entre 20 y 130 kHz, que producen trenes de ondas a intervalos verticales, comúnmente cada 10 a 50 mm. Estos pulsos se encuentran calibrados para ser efectivos en los rangos de velocidades características al hormigón.

El receptor, por lo tanto, mide el tiempo de tránsito de la onda desde el emisor y su intensidad. Conociendo la distancia entre el emisor y el receptor se puede calcular la velocidad de propagación de la onda en el hormigón, relacionado directamente con el estado físico de éste.

En el caso de existir discontinuidades en el camino de las ondas, que haga aumentar el tiempo de recorrido, quedará registrada en la gráfica del ensayo la variación y la profundidad a la que se ha producido. Por el contrario, si el hormigón del elemento ensayado es uniforme y se encuentra en buen estado, los tiempos de llegada a lo largo de la cimentación deben ser bastante similares así como la velocidad de propagación.

En un hormigón homogéneo, la velocidad de propagación de las ondas varía entre 3500 y 4000 m/s dependiendo de la calidad del hormigón. Dicha velocidad disminuye

notablemente en zonas con diferentes características del material, como hormigón de baja resistencia, coqueas, inclusiones de terreno y otras, al presentar un mayor tiempo de transmisión. Se debe destacar que, la edad mínima del hormigón en el momento del ensayo ha de ser de siete días.

Los datos se almacenan en un ordenador portátil para su posterior tratamiento e impresión. En la figura siguiente se describen las partes que componen el equipo utilizado para los ensayos:

<sup>1</sup> Según terminología recogida en el libro "Recomendaciones para la ejecución e interpretación de ensayos de integridad de pilotes y pantallas" publicada por el CEDEX, se puede definir como anomalía a una desviación de la forma normal del registro del ensayo.

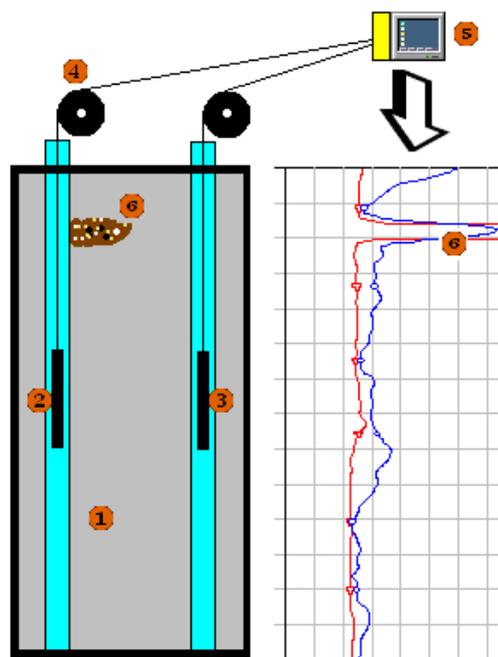


Figura 3: EQUIPO DE CROSS HOLE (sistema de Funcionamiento)

- 1: Pilote o elemento pantalla con las tuberías de acero llenas de agua.
- 2: Transmisor ultrasónico.
- 3: Receptor ultrasónico.
- 4: Poleas, una de ellas con odómetro.
- 5: Unidad receptora de datos.
- 6: Defecto.

Las tuberías preferentemente deben de ser de acero, por su mayor rigidez para soportar el empuje del hormigón y mejor adherencia con éste. Suelen tener diámetros interiores de 31 a 50,8mm. No es recomendable utilizar tuberías de mayor diámetro ya que la

señal ultrasónica debe atravesar mayor espesor de agua en el tubo y conlleva a una pérdida de energía.

Por otro lado, la disposición y número de las tuberías en un pilote dependerá de su diámetro. El número de tuberías más usual es de tres y cuatro tubos ya que es lo más adecuado para los diámetros que comúnmente se ejecutan. Siempre que el diámetro del pilote y la disposición de las armaduras lo permitan, es conveniente utilizar 4 tubos en lugar de 3, al disponer de dos digrafías que barren el alma central del pilote. En cuanto a la disposición de éstos, la más habitual puede verse en la figura 4 del presente informe.

Finalmente destacar que las tuberías sónicas deben cerrarse herméticamente en su extremo inferior por medio de tapones roscados metálicos o de PVC, para impedir cualquier entrada de sedimentos del fondo, lechada o incluso hormigón y no permitir la pérdida de agua de su interior. Los extremos superiores, que deben sobresalir en torno a 1,00m de la cota de hormigonado, deben igualmente cerrarse bien con tapones para evitar caídas de material al interior que pudiesen obstaculizar el recorrido de las sondas.

Los tubos en función al diámetro del pilote tendrán las siguientes configuraciones:

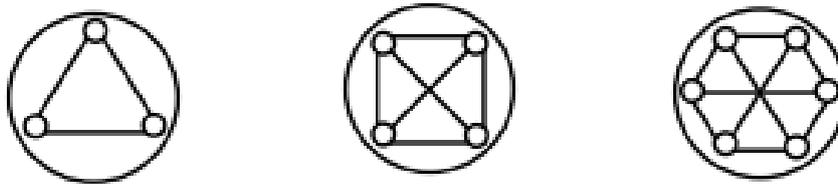


Figura 4: Disposición de los tubos en función del diámetro.

- Poleas para bajar las sondas por los tubos. Al menos una de ellas estar instrumentada para poder conocer la profundidad a la que se encuentra la sonda con un error máximo del 2%.
- Programa de Procesamiento de la Información. En este caso se está utilizando el software CHUM versión 4.5.0 desarrollado por PILETEST.

A continuación se indica la longitud analizada en cada eje de tuberías instaladas. Las longitudes de los tramos de tubería comprenden la altura expuesta más el tramo empotrado por debajo del nivel de instrumentación:

Pilote Nro.	Longitud Total (m)	Cotas (m)	Longitud Evaluada NS (m)	Longitud Evaluada NE (m)	Longitud Evaluada NW (m)	Longitud Evaluada SE (m)	Longitud Evaluada SW (m)	Longitud Evaluada EW (m)
PILOTE 12 A	40.44	298.016 257.580	31.29m	31.32m	31.32m	31.57m	31.09m	31.26m
PILOTE VIII.2	33.52	298.099 264.580	30.67m	29.85m	10.68m	31.24m	10.70m	10.71m
PILOTE XI.1	16.73* (Aprox.)	298.182 (NE) 288.610 (NSP) 271.880 (NIP)	27.43m	26.90m	27.13m	27.22m	27.18m	27.16m
PILOTE IX.2	31.10	298.182 267.080	31.12m	31.14m	31.14m	31.09m	30.72m	31.04m

Tabla 2: Longitudes de Tramos Evaluados

(\*) En el caso del Pilote XI.1, es distinto el nivel de ensayo (NE) con respecto al nivel superior de pilote (NSP) requerido en los planos en una profundidad aproximada de 9.57m. La longitud efectiva del pilote de concreto armado es de 16.73m.

Las longitudes evaluadas consideran los niveles desde la parte expuesta del tubo hasta el nivel inferior de tubo (accesible para los sensores) empotrado en el pilote. Estas longitudes comprenden pares de tubos que trabajan en paralelo a una misma altura.

En los ensayos contenidos en el presente informe se utilizaron los siguientes sensores (PILETEST):

- $\phi$ 25mm Transductor Modelo CH200/50 – s/n T1647: Función Emisor.
- $\phi$ 25mm Transductor Modelo CH200/50 – s/n T1648: Función Receptor.

### 3.2 Fundamentos Teóricos.

La velocidad de propagación de la onda en el medio depende de la densidad del mismo, según la fórmula:

$$V^2 = E/\rho (1 - \nu)/(1 + \nu) \times (1 - 2 \nu)$$

Donde E es el módulo de elasticidad del concreto,  $\rho$  es la densidad y  $\nu$  el coeficiente de Poisson.

Una demora en el tiempo transcurrido entre que la onda es emitida y recibida, así como una pérdida en la energía emitida implica un cambio en las propiedades del medio. Como se deduce de la fórmula, mayores tiempos de viaje implica menores densidades del medio, que en el caso del concreto se traducen en una mayor porosidad o inclusiones de suelo o bentonita dentro de la masa del pilote. La presencia de agua produce una disminución muy grande de la velocidad de propagación. La desaparición de la señal indicaría la presencia de aire o un medio que por su baja densidad conduzca a tiempos de arribo fuera de rango.

### 3.3 Desarrollo del Trabajo de Investigación:

Ya obtenidas las profundidades teóricas y las profundidades arrojadas por el ensayo PIT, se procedió a realizar el ensayo de tipo Cross Hole, para lo cual se han considerado los parámetros mostrados en la tabla 1 (característica de los pilotes).

El día 15 se realizó el ensayo de Cross Hole en 2 pilotes, no se pudo avanzar con el restante debido a que las tuberías donde ingresa la sonda se encontraba obstruida con material.

El día 19 se realizó el ensayo de integridad Cross Hole, en 4 pilotes, encontrando problemas en el pilote VIII.2, el cual presentaba una obstrucción a los 11 metros en el tubo que denominaremos W, para la mejor ubicación durante la interpretación de las diagragfías.

Cabe mencionar que durante el ensayo se mantuvieron rellenos con agua todas las columnas de tuberías empotradas en todos los pilotes sin embargo se presentaba perdida de agua en algunos casos (Ver registros de ensayo de cada pilote).

(\*) En el caso del Pilote XI.1, es distinto el nivel de ensayo (NE) con respecto al nivel superior de pilote (NSP) requerido en los planos en una profundidad aproximada de 9.57m. La longitud efectiva del pilote de concreto armado es de 16.73m. El nivel de ensayo (NE) se ha considera similar al del pilote más cercano (IX.2). Los volúmenes de concreto reales son mayores al volumen teórico debido al exceso que se utiliza para garantizar la integridad del pilote separando el concreto pobre o reducido de la longitud requerida por lo que se considerará que está en un ratio similar a los otros pilotes.

### 3.4 Corrección de errores

De manera sistemática, se comprobó al principio de cada jornada, el correcto comportamiento del equipo, tanto en lo referente a sus partes mecánicas, a la emisión y recepción de señal ultrasónica entre sondas, así como en el calibrado del odómetro que instrumenta la polea.

Las diagráfias que presentaron anomalías se repitieron a fin de constatar que éstas no estaban relacionadas con alguna circunstancia atribuible al dispositivo de medida.

Durante la fase de procesado se procedió a analizar mediante software el picado de primeras llegadas que, por defecto se realiza de manera automatizada. Tras la inspección se procedió a un filtrado de primeras llegadas dudosas y a un picado manual cuando resultó oportuno.

En las secciones obtenidas se ha eliminado la parte sobresaliente de los tubos sónicos (del orden de 0,00m a 0,56m metros de longitud), hasta llegar a la superficie de arranque de las tuberías.

### 3.5 Posibles causas de los picos

Se define estrictamente como anomalía aquella situación que produce un aumento en el FAT (tiempo de primera llegada de la onda elástica al receptor) superior al 20% del valor promedio o bien, un aumento en la atenuación (pérdida de energía de la señal) superior a 12 dB/m.

Las anomalías pueden ser provocadas por diversas causas y no todas ellas han de constituir forzosamente una desviación respecto al diseño del pilote o un defecto (aquel que produce una pérdida en la estabilidad o función de soporte) en el mismo.

El ensayo por sí mismo puede no ser suficiente como para determinar si una anomalía es o no es constitutiva de defecto. Para llegar a esta conclusión se puede requerir mayor información (proceso constructivo, circunstancias anómalas durante la fase de ejecución) y/o la realización de otras pruebas (catas, sondeos de reconocimiento,...).

Para lectura del diagnóstico basado en las señales procesadas de la instrumentación según la metodología establecida se considera las siguientes definiciones: (Anomalía=Disminución de la sección del pilote).

## 4. Resultados Obtenidos

Se ha realizado el análisis detallado de los resultados obtenidos en campo, así mismo una revisión detenida de las diagráfias, determinando los factores que afectan a la diagráfia formando los picos. Los pilotes ensayados han sido modelados con el software CHUM 4.5.0, de la empresa PILETEST (fabricante del equipo).

Las señales obtenidas y el procesamiento de los datos se muestra en el anexo 5.1, los pilotes evaluados no presentan una sección con daños de consideración, en general la integridad que se puede observar en el análisis de cada pilotes es adecuada y no se observan superficies con daño en las longitudes analizadas en función de la configuración encontrada para cada ensayo en cada pilote.

En algunos casos se han encontrado pilotes con la tubería de ensayo obstruida, se ha recomendado hacer una evaluación del proceso de construcción para cada pilote, además de hacer una limpieza con manguera de agua a presión, unos días antes de que se inicie el ensayo.

Del análisis detallado de los resultados obtenidos en el campo y una revisión detenida de todas las diagráfias las conclusiones son las siguientes:

- **En el Pilote 12.A:** se encuentra una leve anomalía en la diagráfia EW a 2.5 metros caracterizado por un retardo del FAT y un aumento en la Atenuación, la cual no presenta continuidad en las demás diagráfias, por lo que no se considera relevante.  
A los 30.5m presenta un leve aumento de la Atenuación (perdida de energía relativa de la señal), que no se considera relevante.  
Este ensayo no abarco toda la longitud del pilote, dejando sin analizar 9.00 metros aproximadamente en la parte inferior cercano al nivel inferior de pilote.
- **En el Pilote VIII.2:** se encuentran anomalías leves poco significativas en la diagráfia NE a 15m, 22.5m y 28m caracterizado por un retardo del FAT y un leve aumento en la Atenuación, sin continuidad en las demás diagráfias.  
En las diagráfias NW, SW y WE solo se pudo realizar mediciones a 10.68m, 10.70m y 10.71m, respectivamente debido a que uno de los tubos se encontraba obstruido (el tubo W).  
Este ensayo no abarco toda la longitud del pilote, dejando sin analizar 3.00m aprox. en la parte inferior cercano al nivel inferior de pilote.

- **En el Pilote XI.1:** el pilote no se muestra en el exterior, debido a que se encuentra cubierto de material por lo cual información inicial del pilote no es concordante con la integridad (de 0.00 a 10.00 metros aproximadamente), VER ANEXO 5.1  
En la diagráfía del Pilote no se encuentra anomalía.
- **En el Pilote IX.2:** No se encontraron anomalías.
- Los pilotes evaluados no presentan una sección con daño en las longitudes analizadas (Continuidad) en función de la configuración encontrada para cada ensayo o pilote.

## **5. Anexos**

### **5.1. DIAGRAFIAS REGISTRADAS EN LOS PILOTES:**

**12.A, VIII.2, XI.1, IX.2**

# PILOTE 12A

## INFORMACION OBTENIDA EN CAMPO

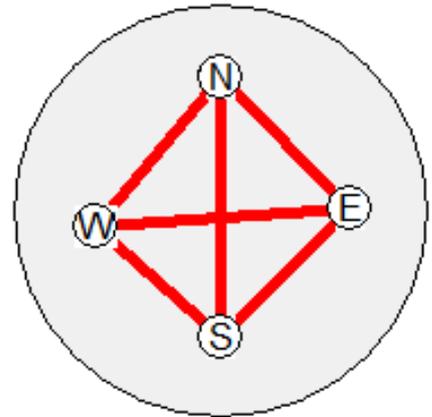
## PILOTE 12A

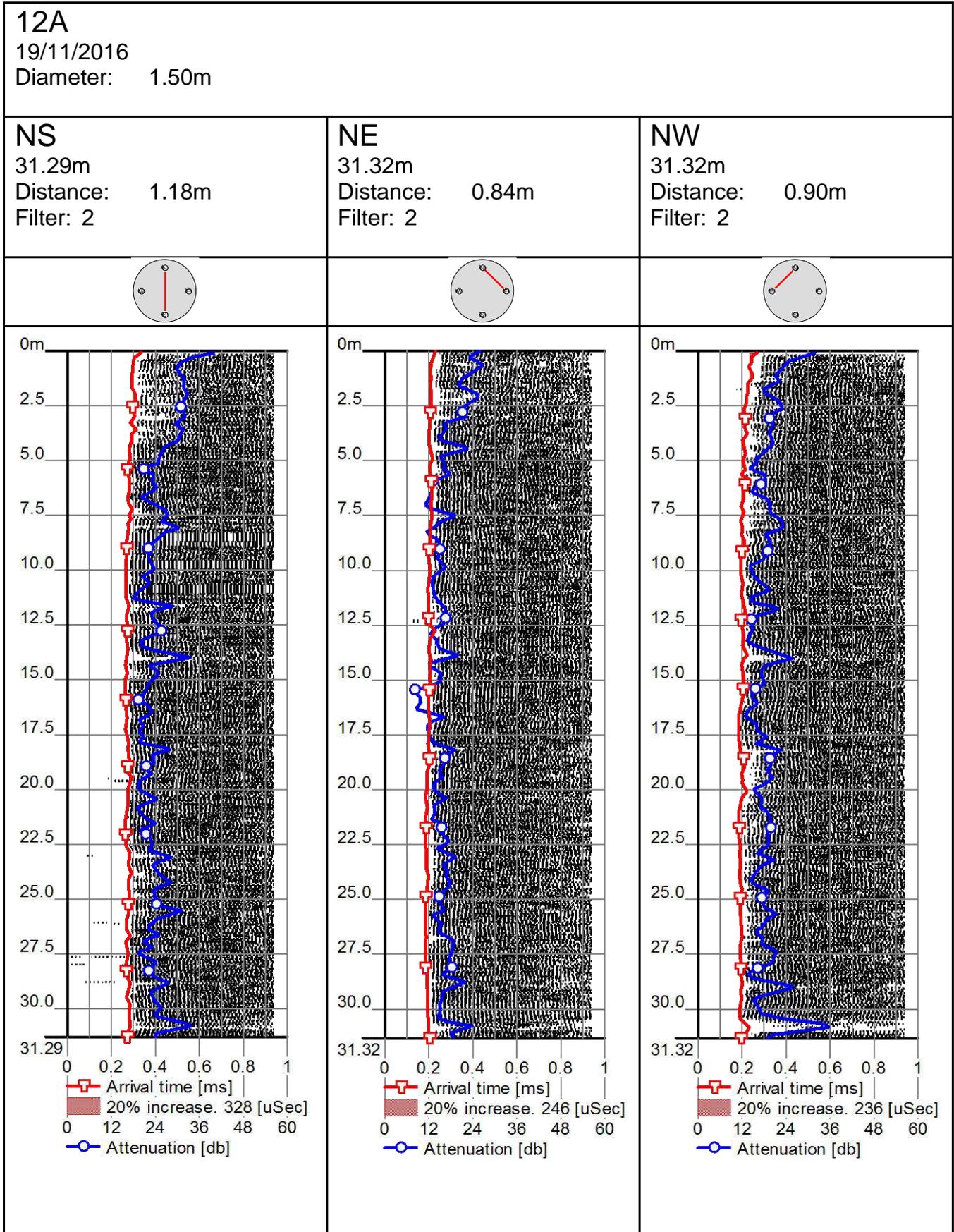
En la presente imagen se muestra el esquema de ubicación de las tuberías de ensayo con respecto a la sección del pilote así como también las líneas transversales analizadas.

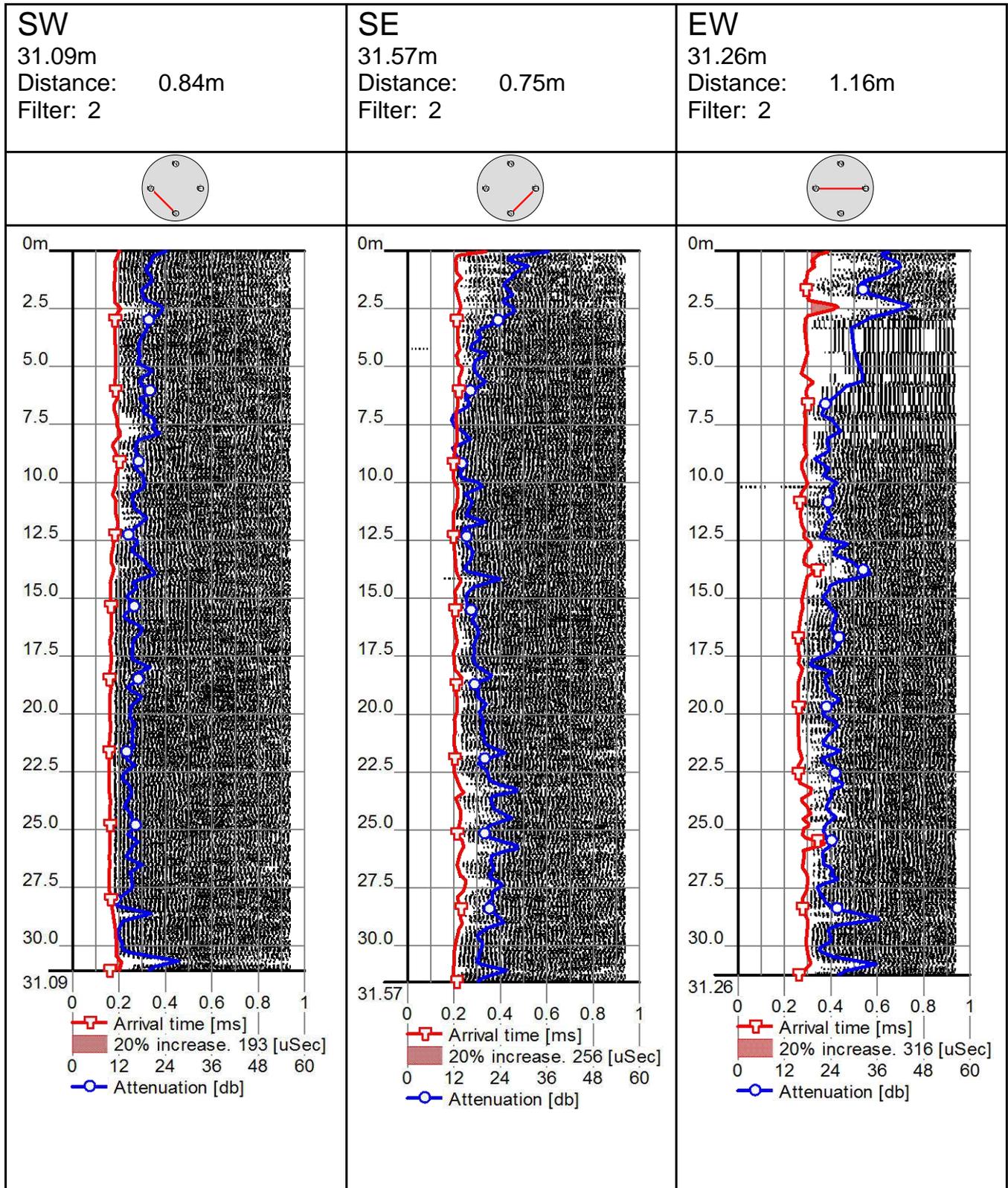
- Tuberías N & S →  $\phi 2''$
- Tuberías W & E →  $\phi 4''$

Existe pérdida de agua lenta en los 04 tubos empotrados en el pilote.

Exploración en 31.40m de pilote aprox. quedando 9.0m sin acceso hasta a la punta en los 6 cortes instrumentados.





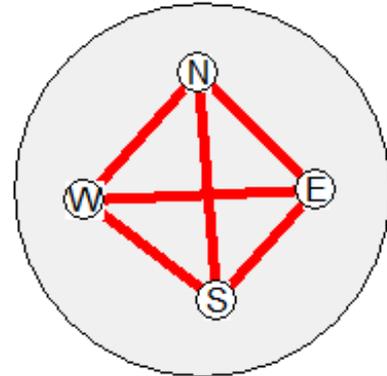


# **PILOTE VIII.2**

## **INFORMACION OBTENIDA EN CAMPO**

## PILOTE VIII.2

En la presente imagen se muestra el esquema de ubicación de las tuberías de ensayo con respecto a la sección del pilote así como también las líneas transversales analizadas.



- Tuberías N & S →  $\phi 4''$
- Tuberías W & E →  $\phi 2''$

Existe pérdida de agua lenta en los 04 tubos empotrados en el pilote.

Exploración en 30.50m de pilote aprox. quedando 3.0m sin acceso hasta la punta para 3 cortes instrumentados, y exploración de 10.65m de pilote aprox. quedando 22.90m sin acceso hasta la punta para 3 cortes instrumentados



## VIII.2

19/11/2016

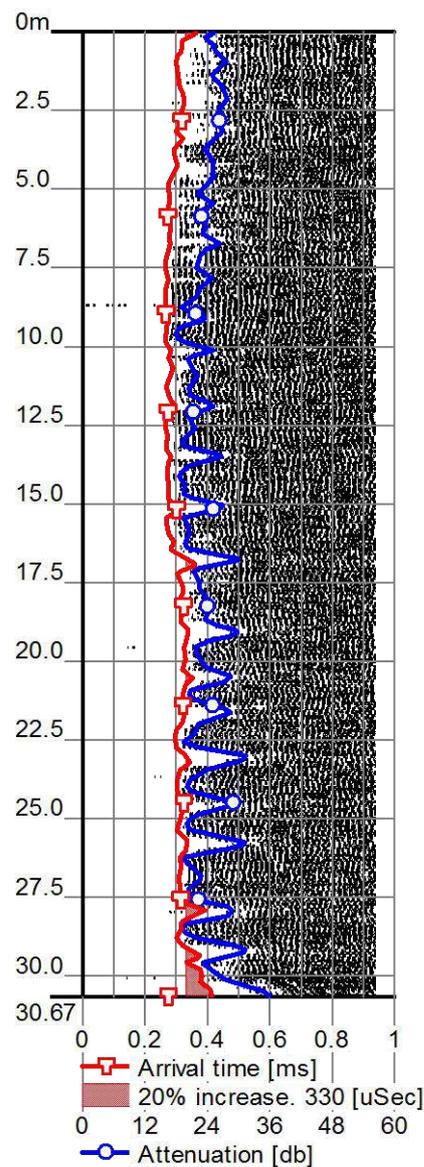
Diameter: 1.50m

**NS**

30.67m

Distance: 1.15m

Filter: 2

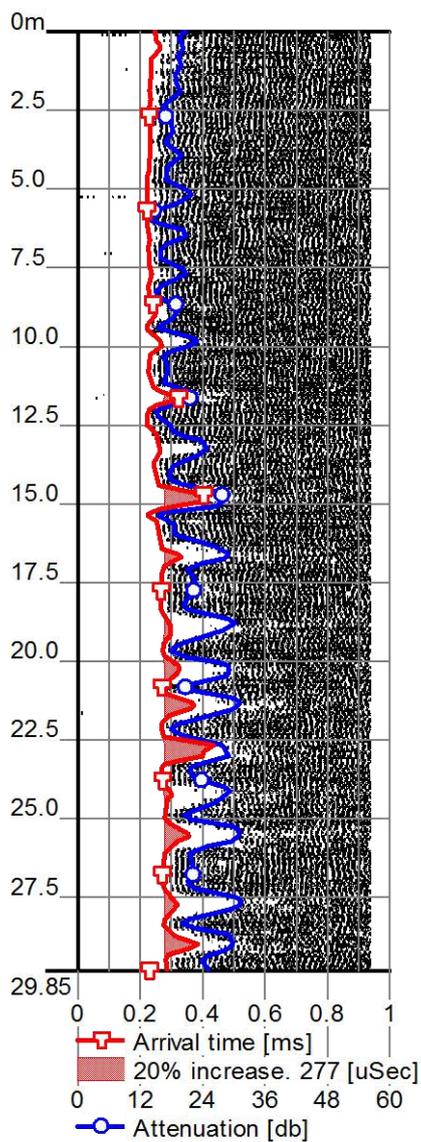


**NE**

29.85m

Distance: 0.85m

Filter: 2

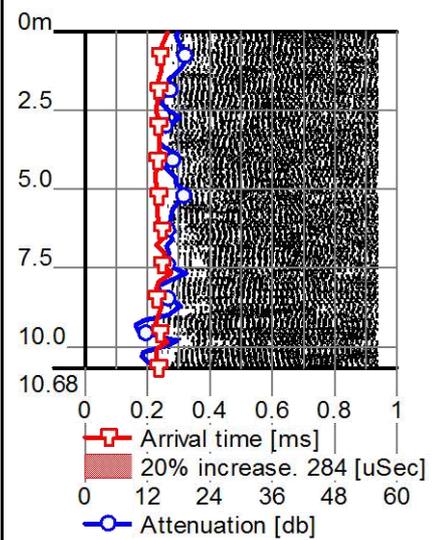


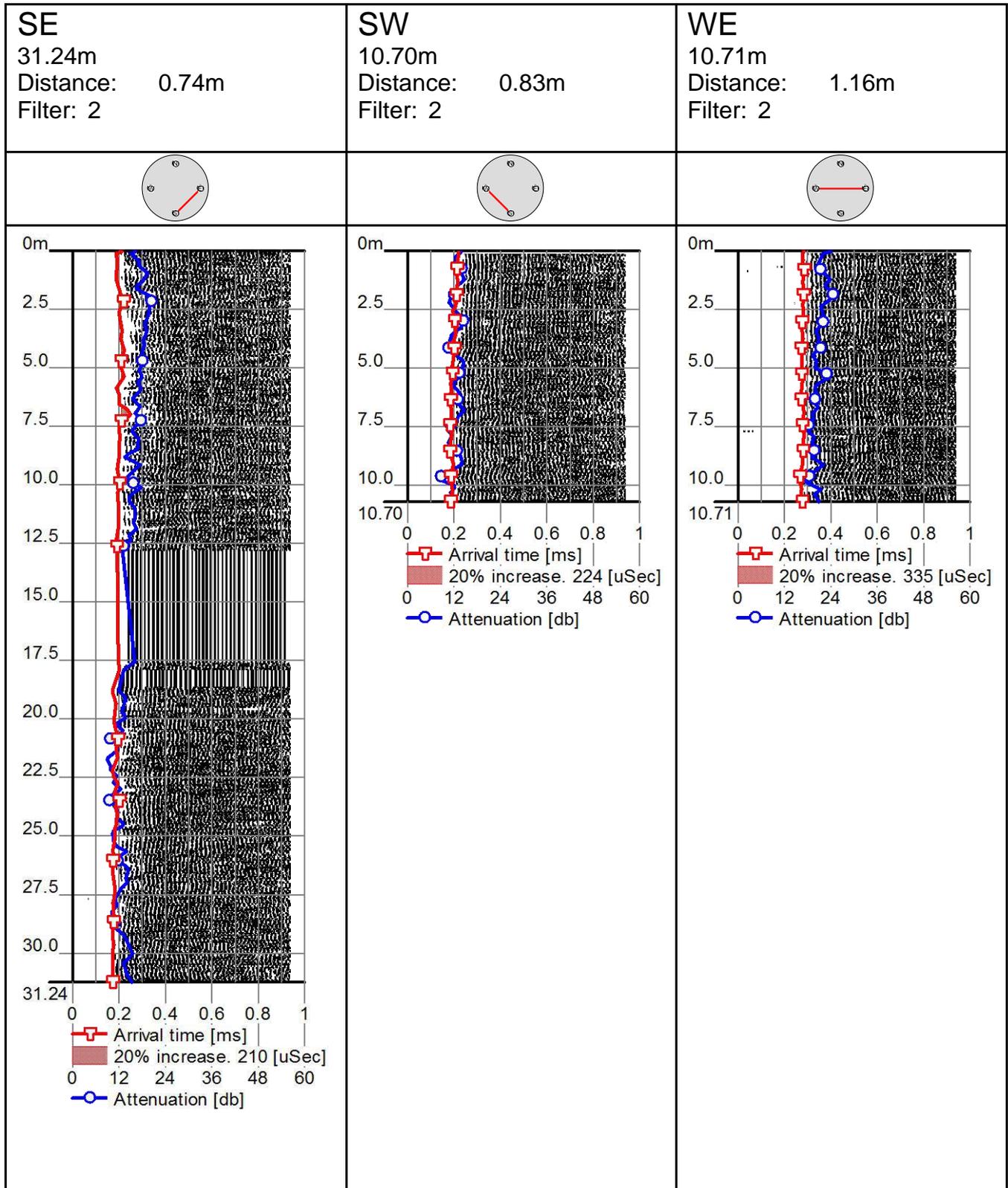
**NW**

10.68m

Distance: 0.86m

Filter: 2



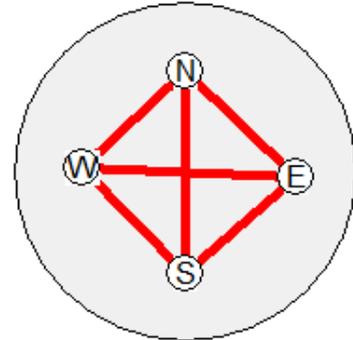


## **PILOTE XI.1**

### **INFORMACION OBTENIDA EN CAMPO**

## PILOTE XI.1

En la presente imagen se muestra el esquema de ubicación de las tuberías de ensayo con respecto a la sección del pilote así como también las líneas transversales analizadas.



- Tuberías N & S →  $\phi 4''$
- Tuberías W & E →  $\phi 2''$

Existe pérdida de agua lenta en el tubo (N) Norte empotrado en el pilote.

Exploración de 27.00m de pilote aprox. en los seis cortes instrumentados.

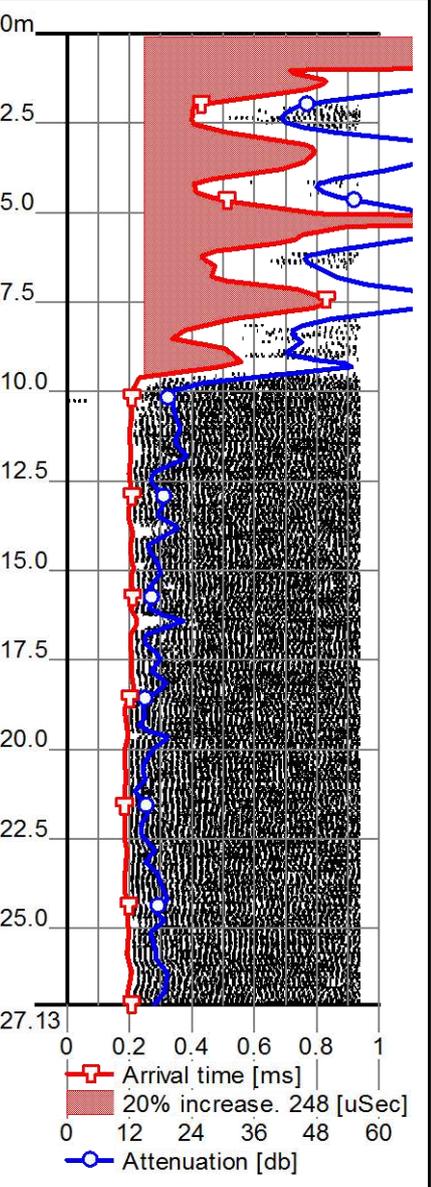
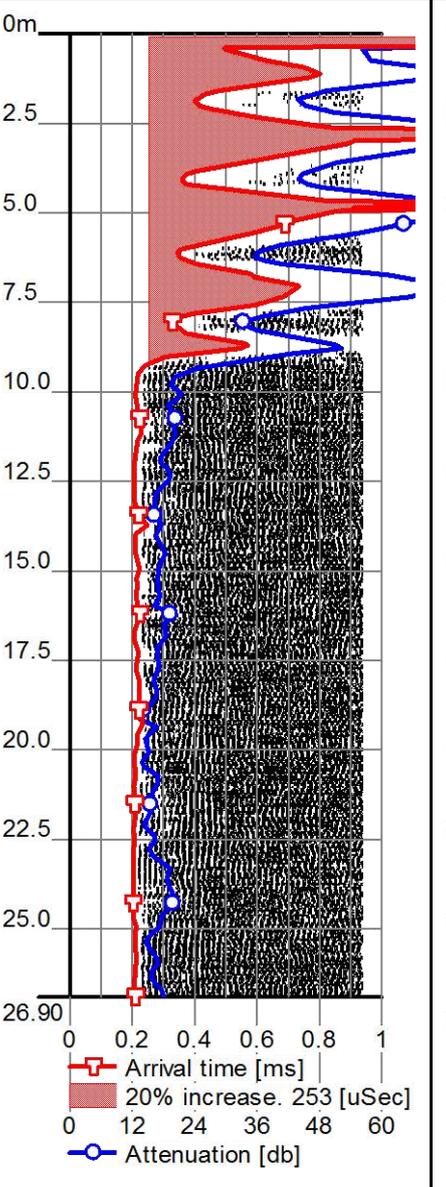
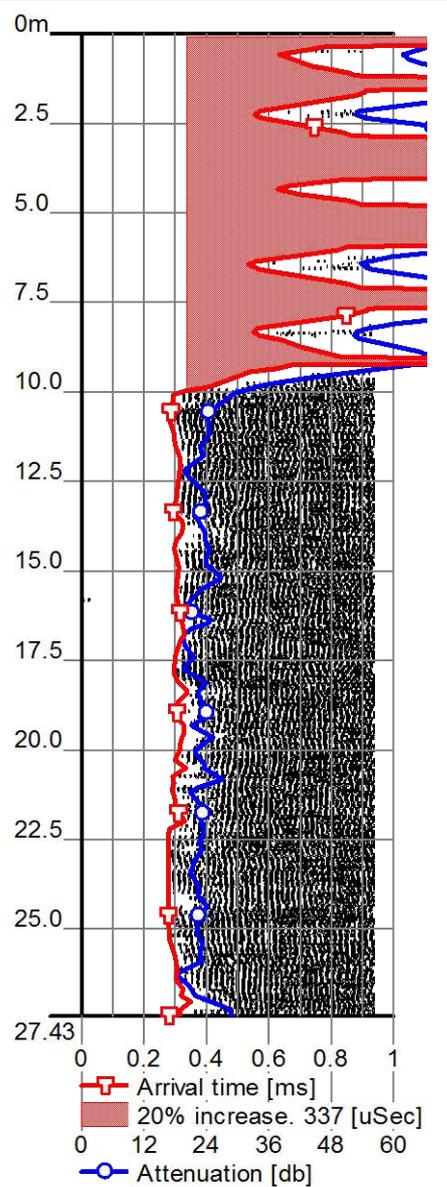


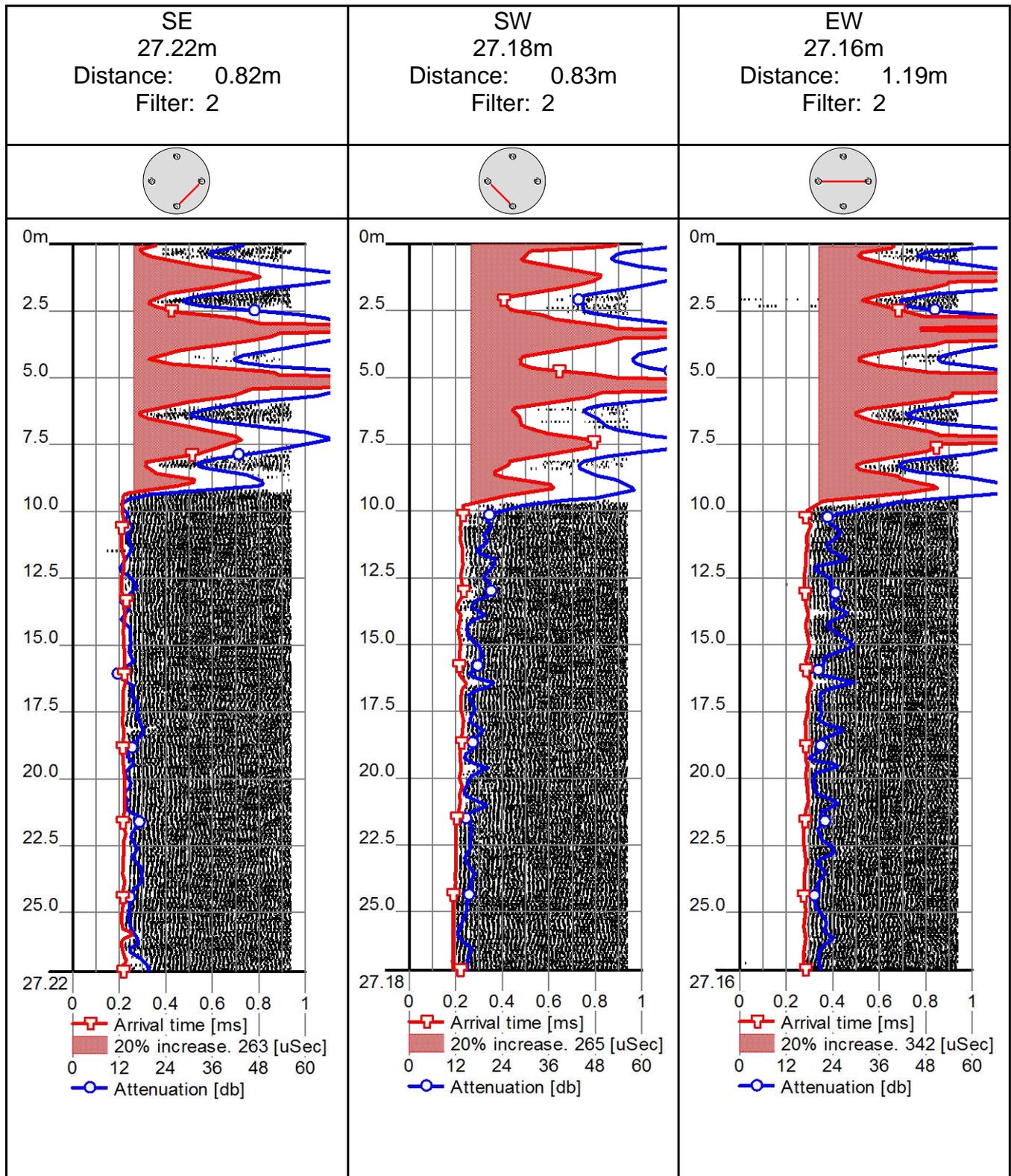
**XI.1**  
 19/11/2016  
 Diameter: 1.50m

**NS**  
 27.43m  
 Distance: 1.12m  
 Filter: 2

**NE**  
 26.90m  
 Distance: 0.85m  
 Filter: 2

**NW**  
 27.13m  
 Distance: 0.78m  
 Filter: 2



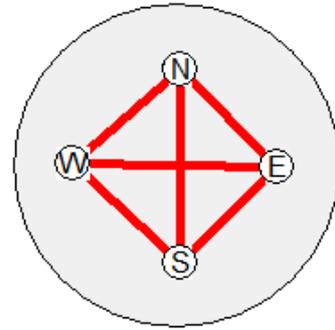


# PILOTE IX.2

## INFORMACION OBTENIDA EN CAMPO

## PILOTE IX.2

En la presente imagen se muestra el esquema de ubicación de las tuberías de ensayo con respecto a la sección del pilote así como también las líneas transversales analizadas.



- Tuberías N & S →  $\phi 4''$
- Tuberías W & E →  $\phi 2''$

Existe pérdida de agua lenta en tubo (W) Oeste empotrado en el pilote.

Exploración de 31.00m de pilote aprox. para los 6 cortes instrumentados.



## IX.2

19/11/2016

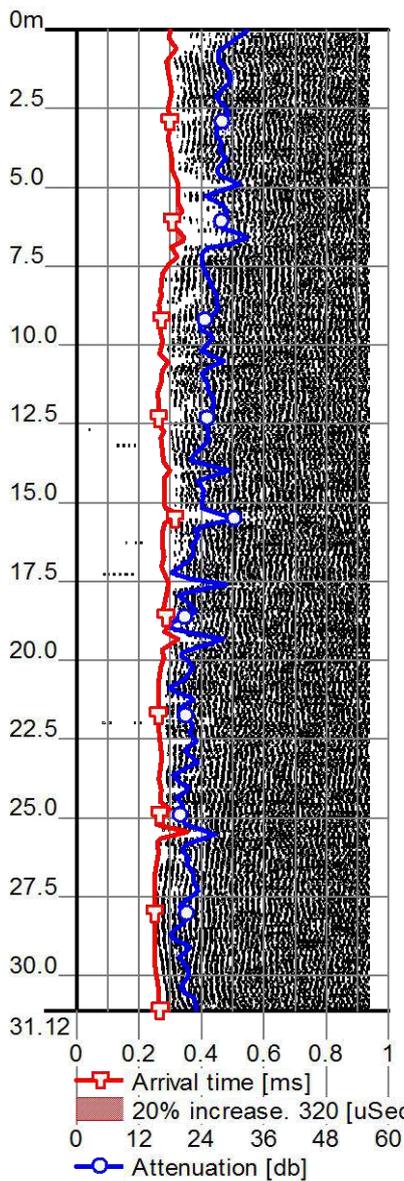
Diameter: 1.50m

**NS**

31.12m

Distance: 1.12m

Filter: 2

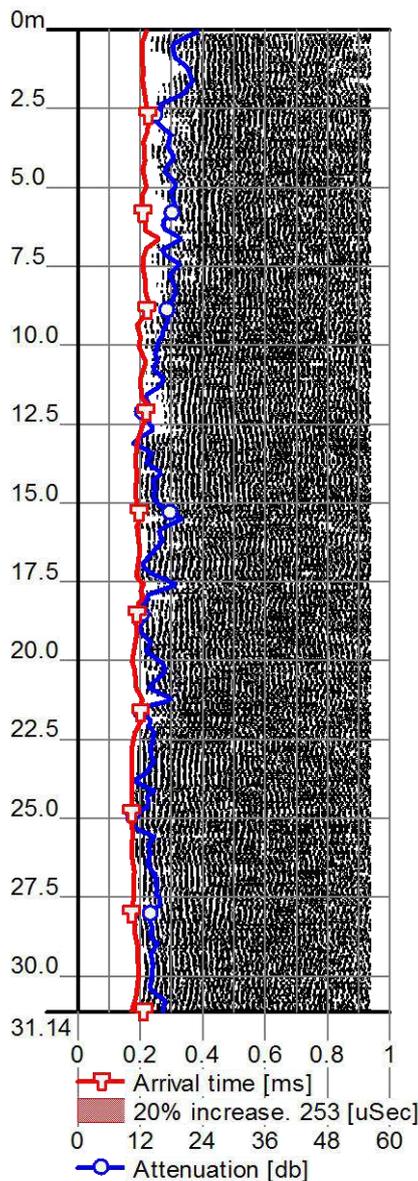


**NE**

31.14m

Distance: 0.80m

Filter: 2

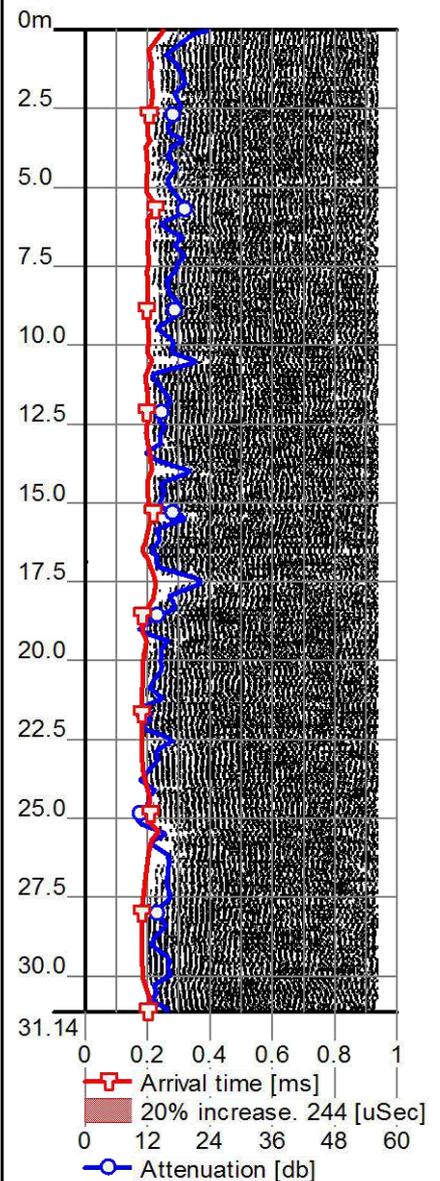


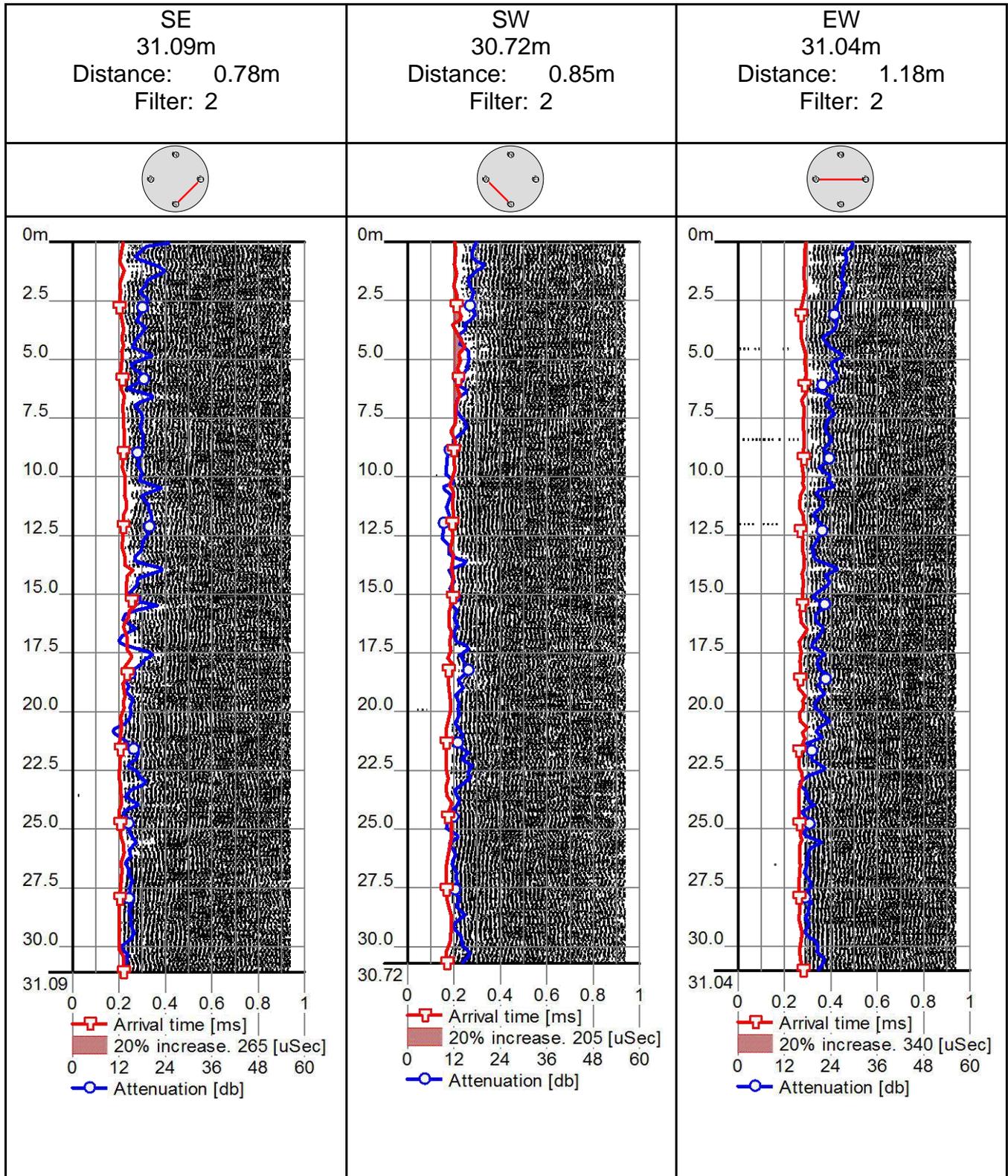
**NW**

31.14m

Distance: 0.83m

Filter: 2





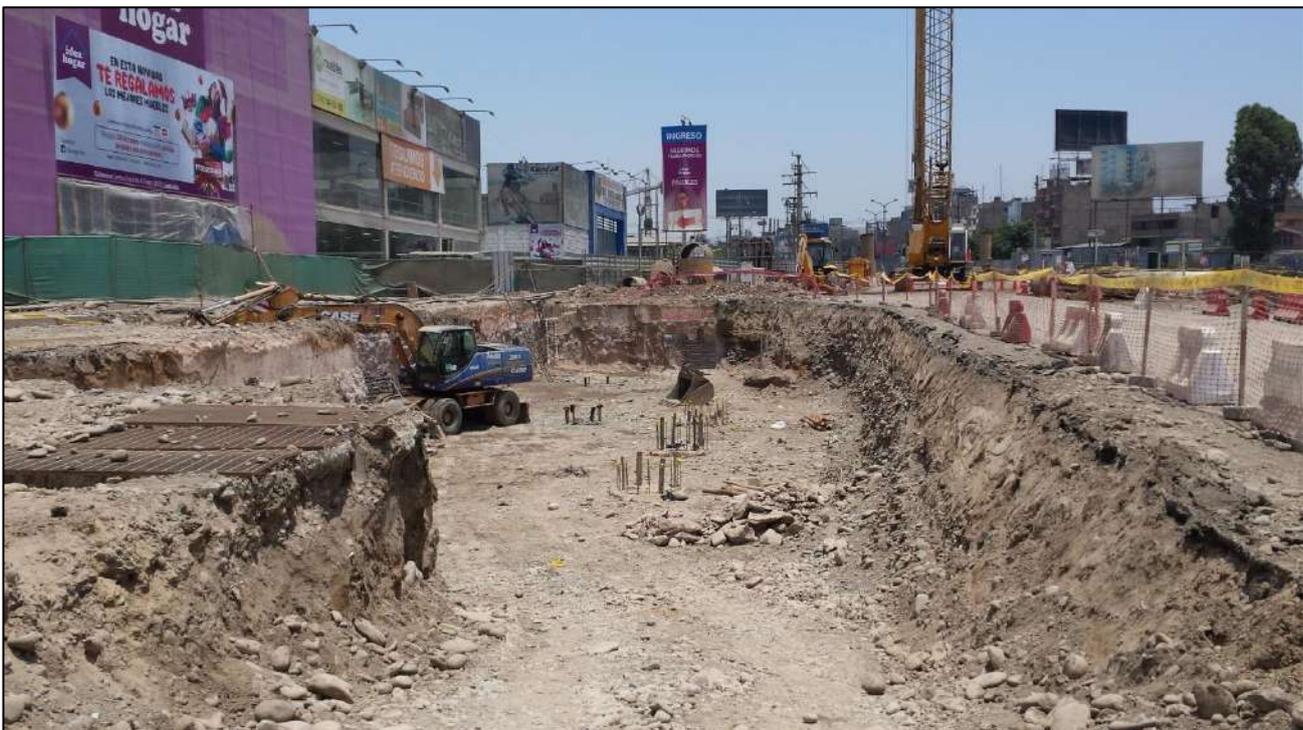
**Applus+ SAC – Lima – Perú**  
Av. San Borja Sur N° 1170  
San Borja.  
Teléfono: (00511) 200-3830  
[www.applus.com](http://www.applus.com)



## **5.2. GALERIA FOTOGRAFICA:**

**Consorcio Constructor M2 Lima**  
Av. República de Colombia  
N° 791 – San Isidro





F.1: VISTA DE ESTACION NRO 24 – ZONA 03



F.2: VISTA DE PILOTE 12 A – ESTACION 24



F.3: VISTA DE PILOTE VIII.2 – ESTACION 24



F.4: VISTA DE PILOTE XI.1 – ESTACION 24



F.5: VISTA DE PILOTE IX.2 – ESTACION 24

**INFORME**  
**PRUEBA DE**  
**INTEGRIDAD DE**  
**PILOTES**  
**PRUEBA DE INTEGRIDAD PIT – ASTM D5882**

---

**ZONA: 3**

**LOZA: 1**

**DESVIO DE CARRETERA**

**ESTACION: 24**

**23 DE NOVIEMBRE DEL 2016**

**LIMA-PERU**

## Índice

### Descripción de los trabajos

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. CARACTERÍSTICAS DE LOS PILOTES .....	3
3. DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS.....	6
4. DESCRIPCION DEL DIAGNOSTICO DEL ENSAYO .....	7
4.1 Pilote Continuo:.....	7
4.2 Pilote Continuo con Anomalía:.....	7
4.3 Pilote con Daño a XX metros:.....	7
5. RESULTADOS OBTENIDOS .....	8
6. CONCLUSIONES .....	10
7. OBSERVACIONES .....	10
A N E X O A.....	11
Procesamiento final con el programa PIT-W Versión 2009	
A N E X O B.....	15
Registro Fotográfico	

# LINEA 02 METRO DE LIMA

## ESTACION NRO. 24

### 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene por objetivo presentar los resultados de la instrumentación dinámica de 03 (Tres) de los pilotes integrantes de la construcción de la Estación Nro. 24 de la Línea 02 del Metro de Lima, Región Lima, Perú.

El objetivo del ensayo de integridad PIT fue el de determinar la presencia de fallas o daños a lo largo del fuste de los pilotes.

El servicio de campo fue efectuado el día 15 de Noviembre de 2016. En este informe serán presentados también los análisis elaborados posteriormente en gabinete.

Los ensayos fueron ejecutados con un equipo "PIT Collector" fabricado por Pile Dynamics, Inc. De Cleveland, Ohio, Estados Unidos. Los resultados obtenidos son presentados a continuación.

### 2. CARACTERÍSTICAS DE LOS PILOTES

Los pilotes ensayados son fundidos in situ de concreto armado de cemento tipo IP con  $f'c = 400 \text{ Kg/cm}^2$ , diámetro de 1,500 mm y las longitudes a evaluar están entre los 30.00m a 40.00m respecto al Nivel de Instrumentación del Pilote (nivel del superior de pilote en fondo de losa de la Zona 03). Los pilotes fueron instalados verticales.

Pilote Nro.	Longitud Total (m)	Volumen Real Bruto/Volumen Teórico	Edad del Concreto
PILOTE 12 A	40.436	1.06	46 días
PILOTE VIII.2	32.519	1.10	39 días
PILOTE IX.2	31.102	1.06	42 días

Tabla 1: Características de los Pilotes

Los tres (03) pilotes fueron ejecutados con el mismo procedimiento de perforación con equipo BAUER BG 30 (Torque = 300 KN.m) y fundido mediante sistema tremie a cargo de la Empresa Terratest. Es recomendable ver registros de ejecución de los pilotes para información específica.

A continuación se muestra el esquema general de distribución en planta de los pilotes ensayados en la Zona 03 de la Estación Nro. 24:

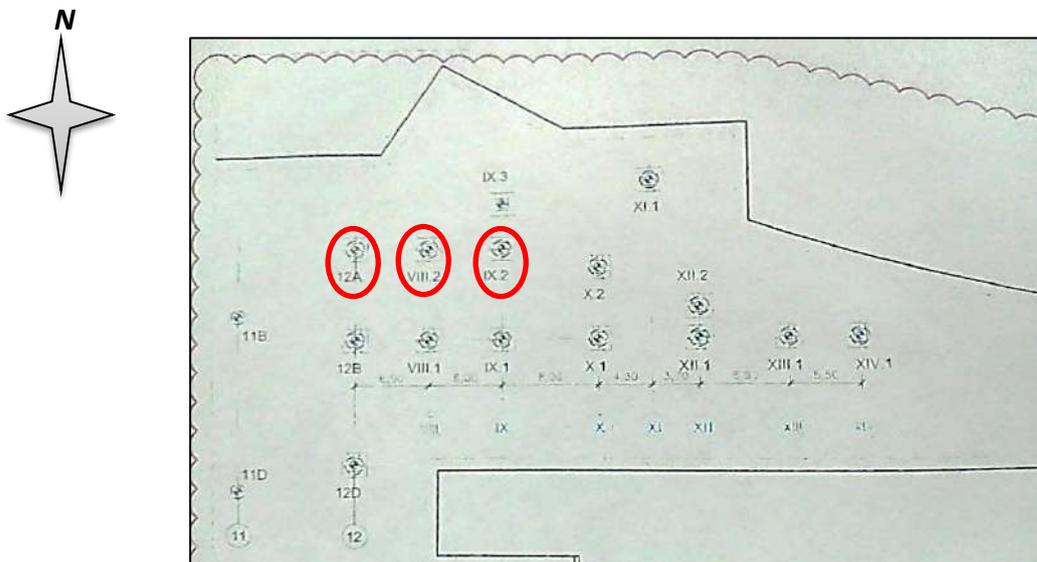


Figura 1: Ubicación de Pilotes Ensayados.

De acuerdo al Plano de Perfil Geotécnico de la Especialidad de Geología y Geotecnia para la Estación 24 – Mercado Santa Anita – Línea 02: ML2-CML-01A-C-010-SMSA- OCGEO-DIS-PL-0502-01 de enero del 2,016; se tiene lo siguiente:

*Nivel de Superior de Pilote:*

*(Profundidad de Pilote = 0.00m → Cota: + 297.50msnm aprox.)*

- Profundidad = 25.5m (hasta +272msnm) SPT >50 Suelo: GP -GM
- Profundidad = 41.50m (hasta +256msnm) SPT >50 Suelo: SP-SM/SW
- Resto (hasta +252msnm) SPT > 50 Suelo: Lentes de CH –CL – Estratos GP-SP

El nivel freático durante el estudio de suelos fue encontrado aproximadamente a un nivel de +270 msnm aproximadamente a 27.0m por debajo del nivel superior de pilote.

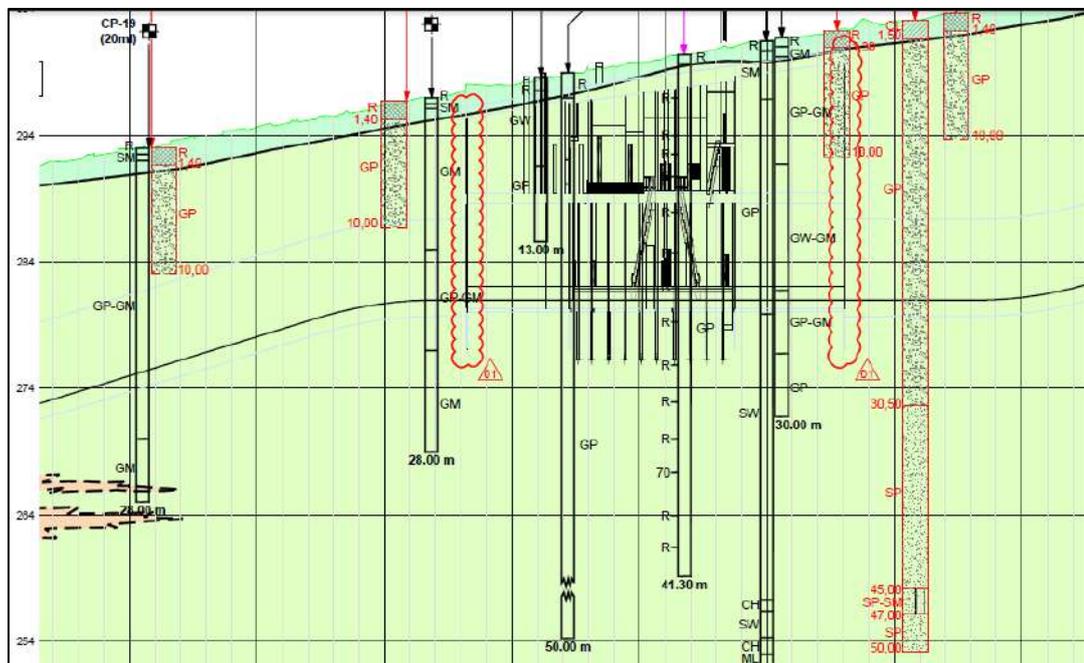


Figura 2: Estratigrafía de la Estación Nro. 24.

### 3. DESCRIPCION DE LOS ENSAYOS

Las superficies de la cabeza de los pilotes fueron previamente preparadas para el ensayo, con empleo de un esmeril eléctrico (amoladora eléctrica) equipado con disco de pulido para concreto diamantado. De esa forma se obtuvieron superficies lisas planas y ortogonales al eje del pilote, adecuadas para la ejecución de los ensayos de integridad de baja deformación PIT.

Tras la fijación del acelerómetro con una resina adherente especial, fueron aplicados diversos golpes consecutivos con un martillo de mano instrumentado (PIT-FV) de 3000g.

De las señales obtenidas, las consideradas más representativas fueron seleccionadas para el registro de la señal promedia, y almacenadas en el equipo "PIT Collector". Estas señales fueron posteriormente transferidas a una computadora, para el procesamiento final y almacenamiento definitivo.

La instrumentación en el pilote fue realizada días después del fundido de concreto reforzado del mismo.

Los registros fueron evaluados en cuanto a la existencia de reflexión de punta y/o reflexiones causadas por cambios en las características físicas del pilote ocurridos antes de llegar a la punta. Como una clara reflexión de punta está presente en todas las señales, es posible decir que todos los pilotes están continuos, y fue posible determinar la velocidad de propagación de la onda en todos los casos. Típicamente, la velocidad de propagación de la onda en el concreto varía dentro del rango de  $\pm 10\%$  alrededor de 4000 m/s, según la edad del concreto y las propiedades del agregado.

## 4. DESCRIPCION DEL DIAGNOSTICO DEL ENSAYO

Para lectura del diagnóstico basado en las señales procesadas de la instrumentación según la metodología establecida se considera las siguientes definiciones:

(Anomalía = Disminución de la impedancia base del pilote o características de la sección del pilote).

### 4.1 Pilote Continuo:

Pilote con longitud coincidente con las indicaciones del proyecto puede tener ensanchamientos o anomalías ligeras. Las anomalías ligeras son consideradas cuando hay una reducción aproximada de la impedancia de hasta un 10% con el procesamiento de la data obtenida.

### 4.2 Pilote Continuo con Anomalía:

Pilote con longitud coincidente con las indicaciones del proyecto y posible reducción de la impedancia teórica o características de la sección del pilote (geometría y/o calidad del concreto).

Las anomalías son consideradas cuando hay una reducción aproximada de la impedancia entre 10% a 35% con el procesamiento de la data obtenida. (Ver modelamiento en Anexo A).

### 4.3 Pilote con Daño a XX metros:

Pilote con longitud continua hasta la ocurrencia de una reflexión de la onda total (posibilidad de disminución de la sección en más del 35% del valor teórico en dicho punto), es decir, puede existir el caso de no evidenciar presencia de la punta teórica del pilote. (Pilote Observado)

Es recomendable que los pilotes que se consideren observados pasen por una segunda evaluación mediante otro método (a escala real o teórico) para determinar la validación final de utilización del pilote.

## 5. RESULTADOS OBTENIDOS

Como ilustración se puede definir como “impedancia” del pilote a la siguiente expresión:

$$Z = \frac{(EA)}{c} = A \sqrt{\frac{E\gamma}{g}}$$

Dónde:

**E** es el módulo de elasticidad dinámico del concreto del pilote,

**A** es la sección transversal del pilote,

**c** es la velocidad de propagación de la onda en el concreto,

**γ** es la densidad del concreto del pilote, y

**g** es la aceleración de la gravedad.

La Tabla 1 se presenta un resumen de los resultados indicando lo siguiente: El código del pilote, la velocidad de onda del concreto del pilote, la longitud respecto al nivel de instrumentación y el diagnóstico del ensayo:

Pilote Nro.	Longitud Total (m)	Velocidad de la Onda (m/s)	Diagnostico basados en las señales procesadas con el programa PIT- W <sup>TM</sup> – Versión 2009 (*)
PILOTE 12 A	40.46	3960	Pilote Continuo.* • Anomalía Ligeras a 9.5m, 20.0m & 31.70m (Red. Impedancia Aprox. hasta 6%). • Punta Cónica (Red. Impedancia Aprox. hasta 19%)
PILOTE VIII.2	32.65	4460	Pilote Continuo.* • Anomalía Ligeras a 7.2m, 12.7m, 15.6m, 23.5m & 28.6m (Red. Impedancia Aprox. hasta 5%). • Anomalías Menores a 27.0m & 32.0m (Red. Impedancia Aprox. hasta 10%).
PILOTE IX.2	30.14	4140	Pilote Continuo.* • Anomalía Ligeras a 8.3m, 10.3m, 15.1m, 16.0m & 23.4m (Red. Impedancia Aprox. hasta 6%). • Anomalías Menores a 12.0, 21.4m & 25.7m (Red. Impedancia Aprox. hasta 10%).

Tabla 2: Diagnostico de los Ensayos PIT

\*Una selección de los pilotes ensayados fueron modelados por el software especializado PROFILE 2009 (Pile Dynamics Inc.), estos gráficos referenciales se muestran como complemento al Anexo A.

## 6. CONCLUSIONES

- Las señales obtenidas pueden ser vista en el Anexo A, todas estas indican un pilote continuo hasta la profundidad informada por el Cliente de acuerdo a los parámetros del ensayo (Ver Tabla 1).
- Se ha encontrado anomalías ligeras y menores en diferentes puntos de la longitud de los pilotes que no afectan de manera importante a la impedancia del pilote como se puede ver en la modelación de los pilotes del Anexo A.

## 7. OBSERVACIONES

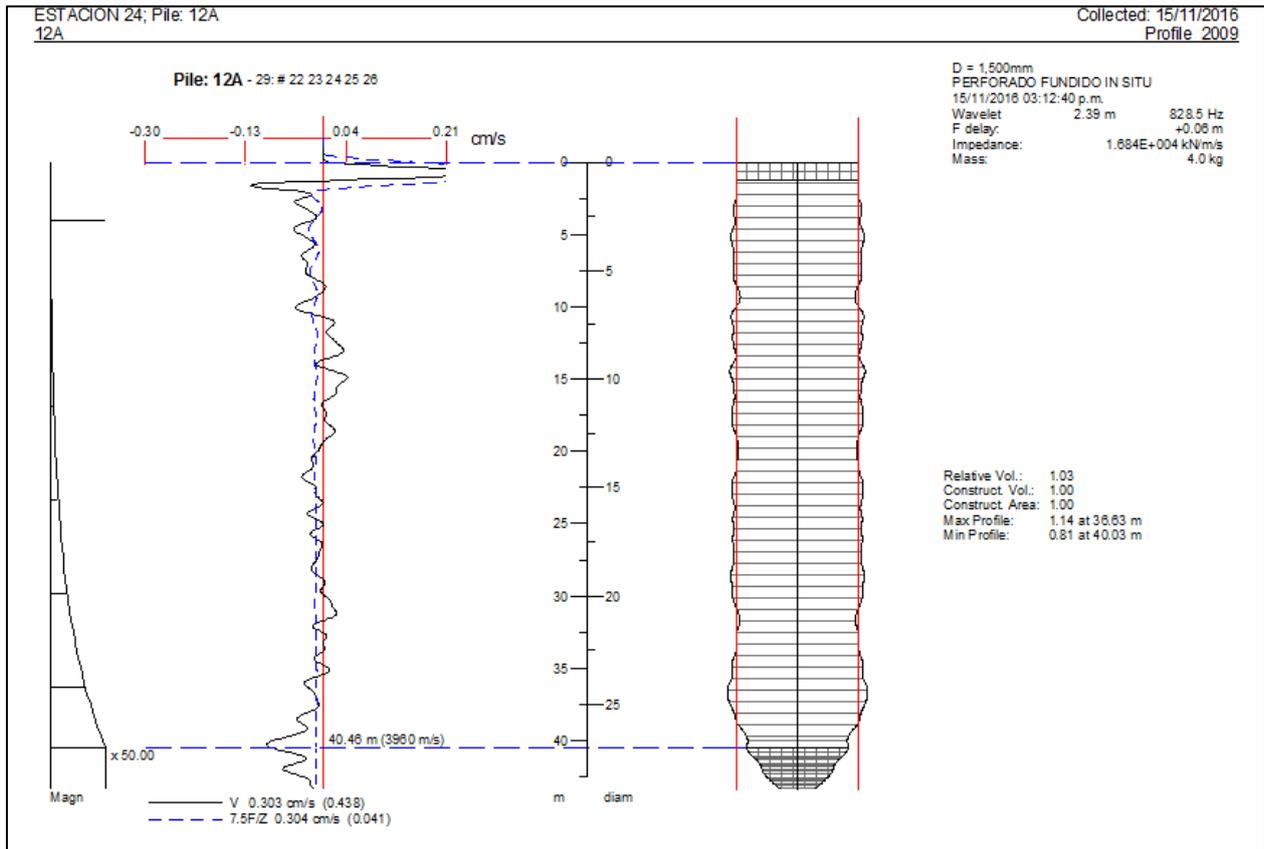
- El presente ensayo de integridad es un método indirecto elaborado para encontrar anomalías ó daños en el concreto (por variación de la sección y/o calidad del concreto) que disturben el paso de la onda a través del pilote.
  - La información utilizada en el presente informe fue indicado y entregado por el Cliente.
  - El alcance del presente informe es mostrar los resultados estándar del ensayo de acuerdo a los parámetros y alcance del procedimiento ASTM D5882.
  - Las conclusiones y resultados del presente informe deberán ser finalmente ratificados por los especialistas del proyecto para validar la operatividad de los pilotes.

Applus Norcontrol Perú S.A.C.  
Av. San Borja Sur N° 1170  
San Borja - Lima  
PBX: (51) 2003830  
[www.applus.com](http://www.applus.com)



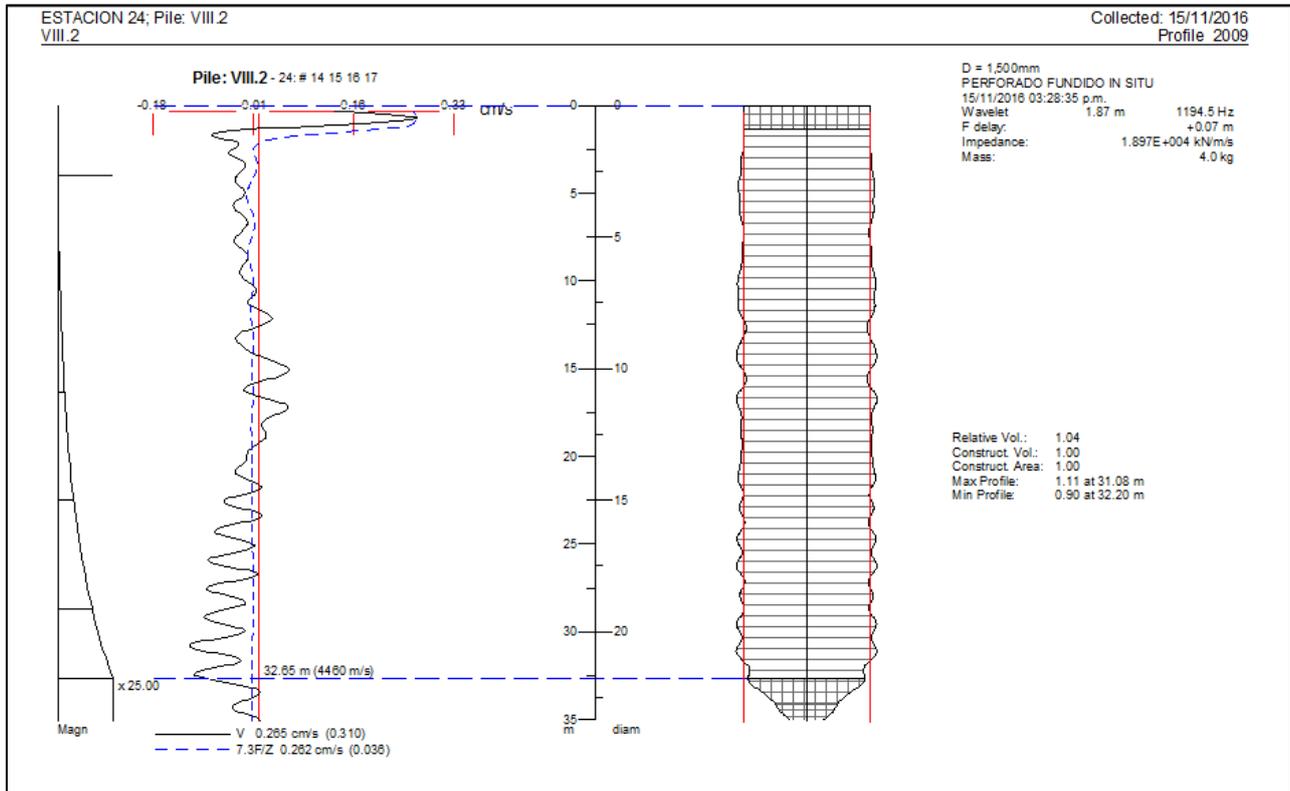
# ANEXO A

Procesamiento final con el programa PIT-W™ – Versión 2009



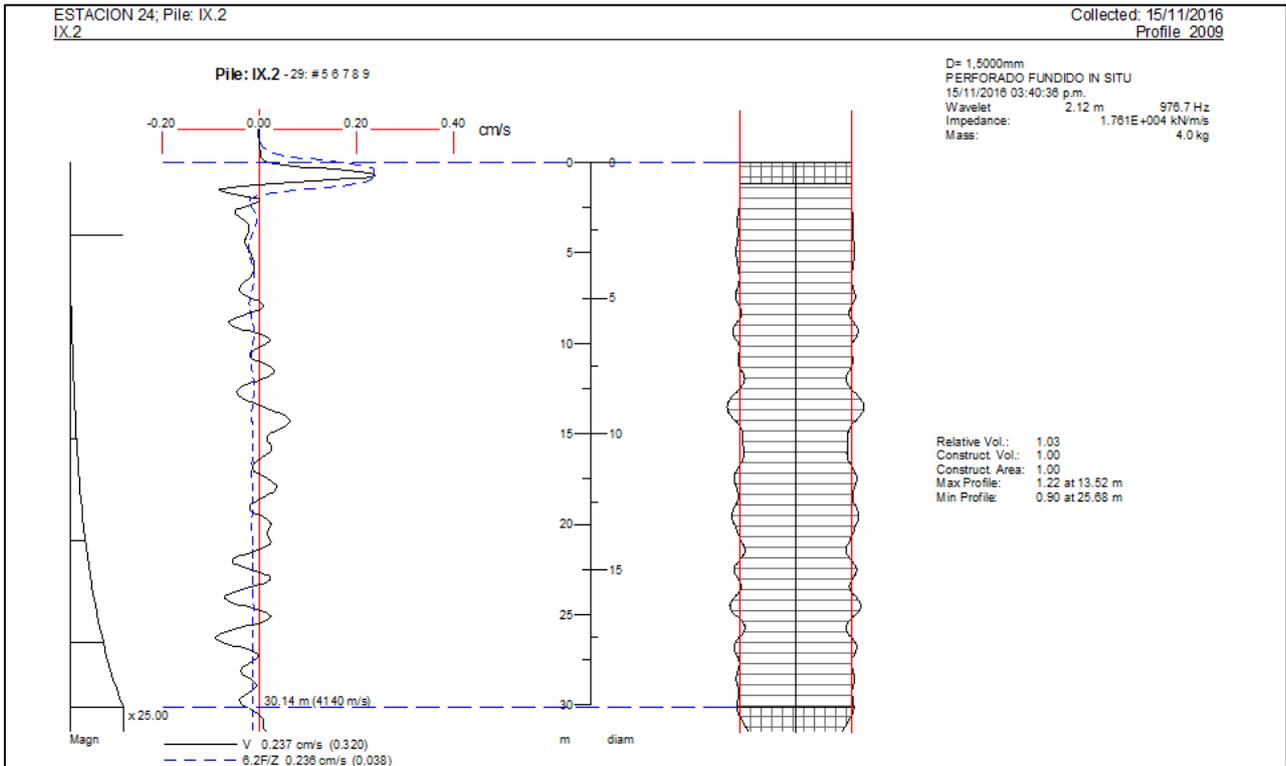
Modelación Referencial Usando Software PROFILE 2009 - PILOTE 12A

ZONA 03 – ESTACION NRO. 24



Modelación Referencial Usando Software PROFILE 2009 – PILOTE VIII.2

ZONA 03 – ESTACION NRO. 24



Modelación Referencial Usando Software PROFILE 2009 – PILOTE IX.2

ZONA 03 – ESTACION NRO. 24

Applus Norcontrol Perú S.A.C.  
Av. San Borja Sur N° 1170  
San Borja - Lima  
PBX: (51) 2003830  
[www.applus.com](http://www.applus.com)



# ANEXO B

## GALERIA DE FOTOS



VISTA DE ESTACION NRO 24



VISTA DE PILOTE 12 A – ESTACION 24



VISTA DE PILOTE VIII.2 – ESTACION 24



VISTA DE PILOTE IX.2 – ESTACION 24

# DATA REPORT

## INFORME SOBRE PILOTE DE EXCAVACIÓN PRUEBA DE CARGA (MÉTODO DE OSTERBERG)

Perfil del Pilote por **SONICALIPER**

**TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima  
Lima, Perú (LT-1598-1)**

**Preparado para:** Pilotes Terratest  
Alonso de Córdova 5151 - Of 1401,  
Las Condes  
Santiago, Chile

**Atención:** Sr. Manuel Reguera

**PROYECTO No:** LT-1598-1, 19 de diciembre de 2016

### **América**

LOADTEST, una división de Fugro Consultants, Inc.  
2631-D NW 41<sup>st</sup> St  
Gainesville, FL 32606, USA  
Teléfono: +1 352 378 3717  
Fax: +1 352 378 3934

### **Medio Oriente**

Fugro LOADTEST Medio Oriente  
P.O. Box 2863, Dubai, UAE.  
Teléfono: +971 4 3474060  
Fax: +971 4 3474069

### **Europa & África**

Fugro LOADTEST  
14 Scotts Avenue, Sunbury Upon Thames  
Middlesex, TW16 7HZ, UK  
Teléfono: +44 (0) 1932 784807  
Fax: +44 (0) 1932 784807

### **Asia**

Fugro LOADTEST Singapur  
159 Sin Ming Road, #05-07 Amtech Building  
Singapore, 575625  
Teléfono: +65 6377 5665  
Fax: +65 6377



TP-1 – Línea 2 del Metro de Lima  
Lima, Perú (LT-1598-1)

## Historial de Emisión y Revisión

### Historial de Emisión

EMISIÓN	EMITIDO A	EMITIDO POR	FECHA DE EMISIÓN
01	Sr. Manuel Reguera, Pilotes Terratest	BH	19 de diciembre de 2016

### Historial de Revisión

Fecha	Revisión No.	Descripción detallada del cambio	Sección de ref.

TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima  
Lima, Perú (LT-1598-1)

19 de diciembre de 2016

**Pilotes Terratest**  
**Alonso de Córdova 5151 - Of 1401, Las Condes**  
**Santiago, Chile**

Atención: Sr. Manuel Reguera

**Informe de prueba de carga:** TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima  
**Ubicación:** Lima, Perú (LT-1598-1)

Estimado Sr. Manuel Reguera:

El informe adjunto contiene los datos y el resumen del análisis de la prueba de Célula de Osterberg (O-cell) realizada en TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima, el 12 de diciembre de 2016. Para su conveniencia, hemos incluido un resumen ejecutivo de los resultados de la prueba, además de nuestro habitual informe detallado de los datos.

Quisiéramos expresar nuestro agradecimiento por el apoyo proporcionado por su equipo, tanto en las instalaciones como fuera de ellas, y esperamos poder trabajar con ustedes en futuros proyectos.

Confiamos en que la información aquí contenida se adecuará a las necesidades que tienen actualmente en el proyecto. De tener alguna pregunta o necesitar mayor asistencia técnica, por favor no dude en contactarnos al 352-378-3717.

Atentamente,

(firma) *ilegible*  
Brian Haney  
Gerente de Proyectos

LOADTEST, una división de Fugro Consultants Inc.

## RESUMEN EJECUTIVO

El 12 de diciembre de 2016, Loadtest realizó una prueba de Célula de Osterberg (O-cell) en el pilote de prueba TP-1 de 1,800 mm de diámetro nominal. El 01 de diciembre de 2016, Pilotes Terratest completó la construcción del pilote de 30.10 metros de profundidad bajo lodo bentonítico. Las condiciones de la subsuperficie donde se ubica el pilote de prueba consisten, principalmente, en grava moderadamente densa a densa, con una capa muy dura reportada entre EL -20.0 y EL -22.0.

La máxima carga bidireccional aplicada al pilote fue de 35.57 MN. En la carga máxima, los desplazamientos por encima y por debajo del ensamblaje de O-cell fueron de 4.33 mm y 38.16 mm, respectivamente. Los datos de corte lateral unitario, calculados con deformímetros, indicaron un corte lateral neto con un promedio máximo de movilización de 707 kPa entre el deformímetro del Nivel 3 y el deformímetro del Nivel 2. El rodamiento de extremo unitario aplicado al máximo se calcula en 12,940 kPa. Los valores unitarios corresponden a los desplazamientos respectivos mencionados anteriormente.

Utilizando los procedimientos descritos en el informe y en el Apéndice C, se construyó una curva equivalente de carga máxima para el pilote de prueba. Para una carga máxima de 15.00 MN, los datos configurados para la prueba indican que este pilote se desplazaría 4.4 mm aproximadamente. Para una carga máxima de 30.00 MN, los datos configurados para la prueba indican que este pilote se desplazaría aproximadamente 8.5 mm.

Se utilizó un calibrador sonar (**SONICALIPER**) para generar perfiles de las paredes laterales de la excavación del pilote antes de la instalación de la jaula de refuerzo. Debido a que no se conocía un área sumergida adecuada para poder realizar la calibración, los datos del perfil no se incluyen en el análisis. En el Apéndice E se incluye un resumen de los datos del calibrador.

## LIMITACIONES DEL RESUMEN EJECUTIVO

Incluimos este resumen ejecutivo para presentar, de manera muy concisa, algunos de los elementos clave de esta prueba de O-cell. Este resumen no pretende, de ninguna manera, ser una representación exhaustiva o independiente de los resultados de la prueba. El informe completo y los apéndices adjuntos contienen información importante que el ingeniero puede usar para llegar a conclusiones más informadas sobre los datos presentados aquí.

## **TABLA DE CONTENIDOS**

Condiciones del terreno y construcción del pilote.....	1
Condiciones de la subsuperficie del terreno.....	1
Test Construcción del pilote.....	1
Prueba de Célula de Osterberg.....	1
Instrumentación del pilote .....	1
Disposición de la prueba .....	2
Acquisición de datos.....	2
Procedimientos de la prueba.....	3
Resultados y análisis de la prueba.....	3
General .....	3
Perfil del fuste.....	3
Resistencia al corte lateral superior.....	4
Rodamiento de extremo combinado y resistencia al corte lateral inferior.....	4
Análisis del deformímetro.....	4
Carga superior equivalente vs. Desplazamiento.....	5
Límite de fluencia.....	5
Comparación de compresión del pilote.....	5
Limitaciones y normas de cuidado.....	6

## TABLAS Y FIGURAS

- Valores unitarios netos de corte lateral en promedio, Tabla A.
- Resumen de las dimensiones, elevaciones y propiedades del pilote, Tabla B.
- Sección esquemática del pilote de prueba, Figura A.
- Distribución de la instrumentación, Figura B.
- Carga de Célula de Osterberg vs. Desplazamiento, Figura 1.
- Tiempo vs. Carga de Célula de Osterberg, Figura 2.
- Tiempo vs. Desplazamiento de Célula Osterberg, Figure 3.
- Carga de Célula de Osterberg vs. Microdeformación del deformímetro, Figura 4.
- Distribución de la carga del deformímetro, Figura 5.
- Corte lateral unitario neto movilizado de manera ascendente, Figura 6.
- Rodamiento de extremo unitario movilizado, Figura 7.
- Carga superior equivalente vs. Desplazamiento, Figura 8.
- Tablas de datos de campo y de reducción de datos, Apéndice A.
- Informes de calibración de la instrumentación y de la O-cell, Apéndice B.
- Construcción de la curva de carga superior equivalente vs. desplazamiento, Apéndice C.
- Método O-cell para determinar la carga del límite de fluencia, Apéndice D.
- Rodamiento de extremo combinado y límite de fluencia de corte lateral inferior, Figura D-1.
- Límite de fluencia de corte lateral, Figura D-2.
- Informe descriptivo de **SONICALIPER**, Apéndice E.

## CONDICIONES DEL TERRENO Y CONSTRUCCIÓN DEL PILOTE

**Condiciones de la subsuperficie del terreno:** La estratigrafía subsuperficial en la ubicación general del pilote de prueba se compone de gravilla en la superficie subyacente, por grava moderadamente densa a densa. En la [Figura A](#) se incluye el perfil generalizado de la subsuperficie y en el [Apéndice E](#) se presenta un registro de perforación que indica las condiciones cerca del pilote. Se puede obtener información geológica más detallada de Pilotes Terratest.

**Construcción del pilote de prueba:** Pilotes Terratest completó la construcción del pilote destinado a la prueba el 01 de diciembre de 2016. El pilote de prueba de 1,800 mm de diámetro nominal fue excavado bajo lodo bentonítico hasta una profundidad en la punta de -30.10 m. El pilote se inició perforando a través de un murete guía superficial de 2.565 metros cuadrados (2 metros). Se utilizó una hélice y un balde de excavación para excavar el pilote. El balde de excavación se utilizó para limpiar la punta. Después de la limpieza, se usó el **SONICALIPER** para perfilar la excavación del fuste ([Apéndice F](#)). Después de que se aprobara el pilote para el vaciado de hormigón, se insertó la jaula de refuerzo en la excavación y esta se apoyó temporalmente en el murete guía. Luego, se virtió el hormigón por medio de un tubo tremie a la punta del pilote hasta que la parte superior del concreto alcanzó una elevación de +0.60 m. Los representantes de Pilotes Terratest observaron la construcción del pilote.

---

## PRUEBA DE CÉLULA DE OSTERBERG

**Instrumentación del pilote:** Loadtest asistió a Pilotes Terratest con el montaje e instalación de la instrumentación del pilote de prueba. La configuración de la O-cell consistió en dos O-cells de 610 mm de diámetro situadas a 1.73 metros por encima de la punta del pilote. Cada célula de Osterberg fue calibrada a 17.7 MN y luego soldada para cerrarla antes de ser enviada por la American Equipment and Fabricating Corporation. Las calibraciones de todos los instrumentos utilizados en esta prueba se incluyen en el [Apéndice B](#). La instrumentación fija para la prueba de O-cell incluyó lo siguiente:

- Cuatro extensómetros de cuerda vibrante lineal (LVWDT por sus siglas en inglés), modelo Geokon, serie 4450, situados entre la placa inferior y la placa superior del ensamblaje de la O-cell.
- Dos tramos de tubería de acero de 13 mm, que se extienden desde la parte superior del pilote hasta la parte superior de la placa inferior, para ventilar la rotura en el pilote formada por la expansión del ensamblaje de la O-cell.
- A la jaula de refuerzo se fijaron tres juegos de cuatro tubos de revestimiento para sensores a una separación de 90° (tubo de acero de 13 mm de diámetro nominal). Un juego se extendió entre el nivel del suelo y la parte superior del ensamblaje de la O-cell (compresión superior total del pilote), un juego extendido a EL -23.57 metros y un juego extendido a EL-20.47 metros.

- Cinco niveles de cuatro deformímetros de cuerda vibrante con barra gemela (Modelo Geokon, Serie 4911) sujetos a la jaula de refuerzo por encima de la parte superior del ensamblaje de la O-cell a una separación de 90°.

Los detalles relacionados a la colocación de la instrumentación aparecen en la Tabla B y en las Figuras A y B.

**Disposición de la prueba:** A lo largo de la prueba de carga, se controlaron elementos clave de la respuesta de desplazamiento del pilote utilizando los equipos e instrumentos detallados a continuación:

- El desplazamiento de la parte superior del pilote se monitoreó usando un par de niveles topográficos digitales automáticos (serie Leica NA3000) desde una distancia promedio de 10.0 metros (Apéndice A, Páginas 1 y 2). Se obtuvieron retrolecturas fijas para confirmar que ambos niveles digitales permanecieron inmóviles a lo largo de la prueba. Estas retrolecturas se registraron antes del inicio de la prueba, de nuevo durante la carga máxima y, finalmente, después de descargar el fuste.
- El desplazamiento total de la compresión superior se midió utilizando varillas sensoras de 6 mm colocadas dentro de los cuatro tubos de revestimiento y fue monitoreado por los LVWDT unidos a la parte superior del pilote (Apéndice A, Páginas 1 y 2).
- Se midió la compresión entre el nivel del suelo y los deformímetros del nivel 3 y 2, respectivamente, utilizando varillas sensoras de 6 mm situadas dentro de los ocho tubos de revestimiento y fue monitoreado por los LVWDT unidos a la parte superior del pilote (Apéndice A, Páginas 3 y 4).
- La expansión de la O-cell se midió utilizando los cuatro LVWDT de expansión descritos en Instrumentación de fuste (Apéndice A, páginas 5 y 6).

Se utilizó un transductor de presión de cuerda vibrante, un transductor de presión de voltaje y un medidor de Bourdon para medir la presión aplicada a las O-cells en cada intervalo de carga. El transductor de presión de cuerda vibrante se utilizó para graficar en tiempo real y para analizar los datos. El transductor de presión de voltaje se utilizó para ajustar y mantener las cargas automáticamente. Las lecturas del medidor de presión de Bourdon se usaron como una referencia visual en tiempo real y para verificar el transductor. Hubo una estrecha correlación entre el medidor de Bourdon y los transductores de presión.

**Adquisición de datos:** Todos los instrumentos estuvieron conectados a una computadora portátil a través de un registrador de datos (Data Electronics GeoLogger), lo que permitió registrar y almacenar los datos automáticamente en intervalos de 30 segundos y mostrarlos en tiempo real. Se utilizó la misma computadora portátil que estaba sincronizada con el sistema de registro de datos para adquirir los datos de Leica NA3000.

**Procedimientos de la prueba:** El personal técnico de Loadtest llevó a cabo la prueba de carga. La prueba se inició presurizando las O-cells con el fin de romper las soldaduras de puntos que las mantenían cerradas (para su manipulación y colocación en el pilote) y para formar el plano de fractura en el hormigón alrededor de la base de las O-cells. Después de producirse la rotura, la presión se liberó inmediatamente y la prueba se reinició desde la presión cero. Se tomaron lecturas a cero para toda la instrumentación antes del ciclo preliminar de carga-descarga que rompe soldaduras, que en este caso implicaba una carga máxima de 2.43 MN en la O-cell.

La prueba de carga de Célula de Osterberg se realizó de la siguiente manera: Las dos O-cells de 610 mm de diámetro, con su base situada a 1.73 metros por encima de la punta del pilote, se presurizaron en 26 aumentos nominalmente iguales, dando como resultado una carga bidireccional máxima de 35.57 MN aplicada al pilote por encima y por debajo de las O-cells. La carga se detuvo después del aumento 1L-26 debido a que las cargas máximas que se habían anticipado y la capacidad de las O-cells ya habían sido superadas. Entonces, el pilote se descargó en cinco reducciones nominales y se terminó la prueba.

Los aumentos de carga se aplicaron usando el Método de prueba de carga rápida para pilotes individuales (*ASTM D1143 Método de Prueba Estándar para Pilotes Bajo Carga Axial Estática*). Se mantuvo cada aumento de carga de manera constante durante ocho minutos, ajustando automáticamente la presión de la O-cell. Se utilizó un minuto aproximadamente para pasar de un aumento a otro. El registrador de datos registró las lecturas del instrumento cada 30 segundos automáticamente, pero aquí solo se indican las lecturas de los minutos 1, 2, 4 y 8 durante cada aumento de carga sostenida.

---

## RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA PRUEBA

**General:** Las cargas aplicadas por el ensamblaje de O-cell actúan en dos direcciones opuestas, contrarrestadas por la resistencia del pilote de arriba y de abajo. Para el propósito del análisis en este documento, se asume que el ensamblaje de O-cell no impone una carga ascendente adicional hasta que su fuerza de expansión exceda el peso flotante del pilote por encima del ensamblaje de O-cell. Por lo tanto, la *carga neta*, que se define como carga bruta de O-cell menos el peso flotante del pilote de arriba, se utiliza para determinar la resistencia al corte lateral por encima de las O-cells y para construir la curva equivalente de desplazamiento de carga superior. Para esta prueba, se calculó un peso flotante para el pilote de 1.71 MN por encima de las O-cells.

**Perfil del fuste:** Se utilizó un calibrador sonar (**SONICALIPER**) para generar perfiles de las paredes laterales de la excavación del pilote antes de la instalación de la jaula de refuerzo. Debido a que no se conocía un área sumergida adecuada para poder realizar la calibración, los datos del perfil no se incluyen en el análisis. En el Apéndice E

se incluye un resumen de los datos del calibrador.

**Resistencia al corte lateral superior:** El ensamblaje de O-cell aplicó una máxima *carga neta* ascendente de 33.86 MN al corte lateral superior en el intervalo de carga 1L-26 (Apéndice A, Página 8, Figuras 1 a 3). En esta carga, el desplazamiento hacia arriba de la parte superior de las O-cells fue de 4.33 mm.

**Rodamiento de extremo combinado y resistencia al corte lateral inferior:** El ensamblaje de O-cell aplicó una máxima carga descendente de 35.57 MN en el intervalo de carga 1L-26 (Apéndice A, Página 8, Figuras 1 a 3). En esta carga, el desplazamiento promedio hacia abajo de la base de la O-cell fue de 38.16 mm.

**Análisis del deformímetro:** Los datos del deformímetro aparecen en el Apéndice A, Páginas 9 a 14 y la deformación promedio medida durante la prueba en cada nivel de los deformímetros está graficada en la Figura 4. El día de la prueba, se estimó la resistencia a la compresión no confinada  $f_c$  a partir de las pausas de 7 y 14 días de 45.3 MPa. Suponiendo un peso unitario del hormigón  $\gamma_c$  de 2,322 kg/m<sup>3</sup>, se usó la fórmula ACI ( $E_c = 0.043 \times \gamma_c^{1.5} \times f_c$ ) para calcular un módulo elástico de 32,395 MPa para el hormigón. En la Tabla B se muestran las estimaciones de la rigidez del pilote para cada nivel de deformímetro calculado a partir de este módulo más los detalles de acero corrugado y las dimensiones nominales del pilote. Esto, combinado con el área de acero corrugado y el diámetro nominal del pilote, generaron una rigidez promedio del pilote (AE) de 83,800 MN en el pilote por encima de las O-cells.

En la Figura 5 se presentan las curvas de distribución de carga para cada aumento de carga, basadas en la carga aplicada de O-cell y en las cargas calculadas del deformímetro. En la Figura 6 se presentan las curvas del corte lateral unitario neto movilizado vs. desplazamiento (t-z) basadas en los datos del deformímetro y la rigidez del pilote estimada por ACI. Los valores de corte para el aumento de carga 1L-26 se muestran en la siguiente Tabla A:

**TABLA A: Valores unitarios netos de corte lateral en promedio para 1L-26**

Zone de transferencia de carga	Desplazamiento <sup>1</sup>	Corte lateral unitario neto <sup>2</sup>
Corte cero a Deformímetro Nivel 5	↑ 0.2mm	0.0 kPa
Deformímetro Nivel 5 a Deformímetro Nivel 4	↑ 0.3mm	25.0 kPa
Deformímetro Nivel 4 a Deformímetro Nivel 3	↑ 0.9mm	192 kPa
Deformímetro Nivel 3 a Deformímetro Nivel 2	↑ 1.9 mm	678 kPa
Deformímetro Nivel 2 a O-cell <sup>3</sup>	↑ 3.4 mm	311 kPa

<sup>1</sup> Desplazamiento promedio de la zona de transferencia de carga / desplazamiento de O-cell.

<sup>2</sup> Para el corte de carga ascendente, se ha sustraído el peso flotante del pilote de la desconexión de carga en la zona respectiva. Nótese que los valores unitarios netos de corte derivados de los deformímetros pueden no ser valores finales. Véase la Figura 6 para los gráficos corte unitario vs. desplazamiento (t-z).

<sup>3</sup> NOTA: Los datos del deformímetro Nivel 1 no podían ser incorporados de manera razonable a la distribución de carga y no se incluyeron en el análisis.

Se calcula que la carga resistida por el corte lateral en la sección del pilote de 1.73

metros por debajo de las O-cells es de 3.04 MN, suponiendo un valor de corte lateral unitario de 311 kPa y un diámetro nominal del pilote de 1,800 mm. La carga máxima aplicada al rodamiento de extremo es de 32.53 MN y se calcula que el rodamiento de extremo unitario en la punta del pilote es de 12,940 kPa en el desplazamiento indicado anteriormente. En la [Figura 7](#) se presenta una curva de desplazamiento (q-z) vs. el rodamiento de extremo unitario movilizado.

**Carga superior equivalente vs. Desplazamiento:** La [Figura 8](#) presenta la curva de carga superior equivalente (ETL por sus siglas en inglés). El procedimiento para calcular la curva se describe en el [Apéndice C](#). La curva se genera asumiendo que la carga se aplica en la parte superior del pilote. Durante el ensayo se movilizó una resistencia combinada de corte lateral y de rodamiento de extremo de 69.43 MN. Para una carga superior de 15.00 MN, los datos ajustados para la prueba indican que este pilote se desplazaría 4.4 mm aproximadamente. Para una carga superior de 30.00 MN, los datos ajustados para la prueba indican que este pilote se desplazaría 8.5 mm aproximadamente. Como referencia, la [Figura 8](#) también incluye las dos curvas componentes de desplazamientos de O-cell vs. cargas netas, que si se suman producirían una carga superior equivalente "rígida". La curva ETL trazada incluye la compresión elástica adicional de un pilote de carga superior.

Nótese que la curva de carga superior equivalente se aplica a duraciones de carga incremental de ocho minutos. Los efectos de fluencia reducirán la resistencia final de ambos componentes y aumentarán el desplazamiento superior del pilote para una carga dada durante tiempos más largos. El ingeniero puede estimar tales efectos adicionales de fluencia mediante la extrapolación adecuada de los efectos del tiempo usando los datos de fluencia aquí presentados.

**Límite de fluencia:** Véase el [Apéndice D](#) para nuestro método de O-cell para determinar la carga del límite de fluencia. El rodamiento de extremo combinado y los datos de fluencia por corte lateral inferior ([Apéndice A, Páginas 7 y 8, Figura D-1](#)) indican que no se alcanzó ningún límite de fluencia aparente durante la prueba. Los datos de fluencia por corte lateral superior ([Apéndice A, Páginas 7 y 8, Figura D-2](#)) también indican que no se alcanzó ningún límite de fluencia aparente durante la prueba. Un pilote con carga superior no comenzará a deformarse hasta que cada componente comience el desplazamiento de fluencia. Esto ocurrirá al máximo de los desplazamientos requeridos para alcanzar el límite de fluencia por cada componente. Debido a la ausencia de límites de fluencia claramente definidos, no se puede estimar un límite de fluencia para el pilote de carga superior equivalente.

**Comparación de compresión del pilote:** La compresión máxima del pilote medida y promediada a partir de cuatro sensores es de 4.4 mm en 1L-26 ([Apéndice A, Página 2](#)). Utilizando una rigidez media ponderada del pilote de 83,800 MN y la distribución de carga en la [Figura 5](#) en 1L-26, se calcula una compresión elástica de 3.6 mm sobre la longitud de los sensores de compresión. Este buen acuerdo proporciona evidencia de que los valores de la rigidez estimada del pilote son razonables.

## LIMITACIONES Y NORMAS DE CUIDADO

La instrumentación, los servicios de pruebas y el análisis de datos descritos en este informe y proporcionados por Loadtest, se realizaron de acuerdo a las normas de cuidado aceptadas y reconocidas por los profesionales de la industria de ingeniería en pilotes de excavación y cimientos.

Por favor, nótese que parte de la información contenida en este informe se basa en datos (por ejemplo, diámetro del pilote, elevaciones y resistencia del hormigón) suministrados por otros. Por lo tanto, el ingeniero debe llegar a sus propias conclusiones con respecto a los análisis, ya que dependen de esta información. En particular, Loadtest normalmente no observa ni registra los detalles de construcción del pilote de excavación con el nivel de precisión que el ingeniero del proyecto pueda requerir. En muchos casos, podemos no estar presentes durante toda la construcción del pilote. Dado que la técnica de construcción puede desempeñar un papel importante en la determinación de la capacidad de carga de un pilote de excavación, el ingeniero debe prestar mucha atención a los detalles de construcción del pilote de excavación que fueron registrados en otra parte.

---

Confiamos en que esta información satisfaga las necesidades que tienen actualmente en el proyecto. De tener alguna pregunta, no dude en contactarnos al 352-378-3717.

Preparado para Loadtest por

(firma) *ilegible*  
Robert C. Simpson, M.S.

Reviewed for Loadtest by

(firma) *ilegible*  
Denton A. Kort, M. Eng.

(firma) *ilegible*  
David J. Jakstis, B.S.C.E.

## TABLA B

### RESUMEN DE LAS DIMENSIONES, ELEVACIONES Y PROPIEDADES DEL PILOTE

---

#### **Pilote: (TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú)**

Diámetro nominal del pilote (EL -0.60 m to -30.10 m)	= 1,800 mm
O-cells: 24-9H-00144, 24-9H-00145	= 610 mm
Longitud de la zona del pilote por encima de la rotura en la base de las O-cells	= 27.77 m
Longitud de la zona del pilote por debajo de la rotura en la base de las O-cells	= 1.73 m
Área de corte lateral por encima de la base de O-cell	= 160.4 m <sup>2</sup>
Área de corte lateral por debajo de la base de O-cell	= 9.8 m <sup>2</sup>
Área de la base del pilote	= 2.5 m <sup>2</sup>
Peso flotante del pilote por encima de la base de las O-cells	= 1.7 MN
Rigidez estimada del pilote, AE (EL +0.00 m to -28.37 m)	= 83,800 MN
Elevación del hormigón en la parte superior del pilote	= -0.60 m
Elevación de la superficie del suelo	= +0.00 m
Elevación de la base del ensamblaje de O-cell <sup>1</sup>	= -28.37 m
Elevación de la punta del pilote	= -30.10 m
Elevación del nivel freático (elevación supuesta del nivel freático natural)	= NA

#### **Tubos de revestimiento:**

Elevación de la parte superior del murete guía (2,565 mm <sup>2</sup> afuera, 1,930 mm adentro)	= +0.00 m
Elevación de la parte inferior del murete guía (2,565 mm <sup>2</sup> afuera, 1,930 mm adentro)	= -2.00 m

#### **Secciones de sensores:**

Elevación de la parte superior de todos los sensores de compresión	= +0.00 m
Elevación de la parte inferior del sensor de compresión del Deformímetro Nivel	= -20.47 m
Elevación de la parte inferior del sensor de compresión del Deformímetro Nivel 2	= -23.57 m
Elevación de la parte inferior del sensor usado para la compresión superior total del fuste	= -27.93 m

#### **Deformímetros:**

Elevación del Deformímetro Nivel 5 (AE = 83,800 MN)	= -2.77 m
Elevación del Deformímetro Nivel 4 (AE = 83,800 MN)	= -8.77 m
Elevación del Deformímetro Nivel 3 (AE = 83,800 MN)	= -20.47 m
Elevación del Deformímetro Nivel 2 (AE = 83,800 MN)	= -23.57 m
Elevación del Deformímetro Nivel 1 (AE = 83,800 MN)	= -26.57 m

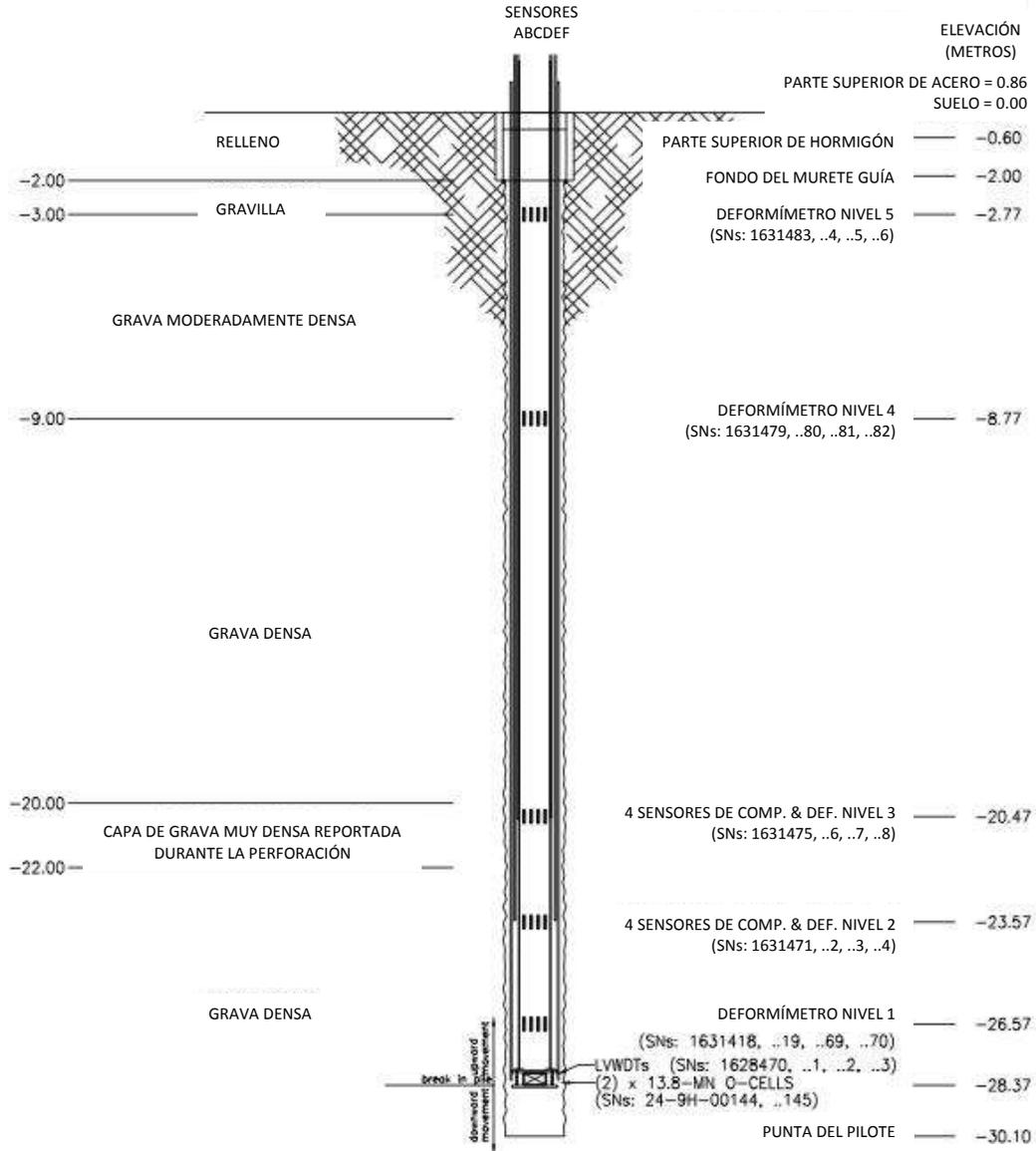
#### **Miscelánea:**

Diámetro de la placa superior del ensamblaje de O-cell (50 mm de espesor)	= 1,585 mm
Diámetro de la placa inferior del ensamblaje de O-cell (50 mm de espesor)	= 1,725 mm
Tamaño de la barra vertical de la jaula de refuerzo (EL. +0.86 m a -28.37, 24 No.)	= T 20
Tamaño de la espiral de la jaula de refuerzo (200 mm de espacio)	= T 15
Diámetro de la jaula de acero corrugado	= 1,725 mm
Supuesto peso unitario del hormigón	= 2322 kg/m <sup>3</sup>
Resistencia estimada del hormigón a la compresión no confinada por 11 días	= 45.3 MPa
Módulo de hormigón calculado por 11 días	= 32.395 MPa
LWWDT de O-cell @ 0°, 90°, 180° y 270° con radio	= 790 mm

<sup>1</sup> Ruptura entre el movimiento ascendente y descendente en el ensamblaje de O-cell.

NOTA: DIÁMETRO NOMINAL DEL PILOTE 1800mmø  
 EL PILOTE FUE PERFORADO A TRAVÉS DE UN MURETE GUÍA DE HORMIGÓN DE 2.56 X 2.56 X 2.0 M

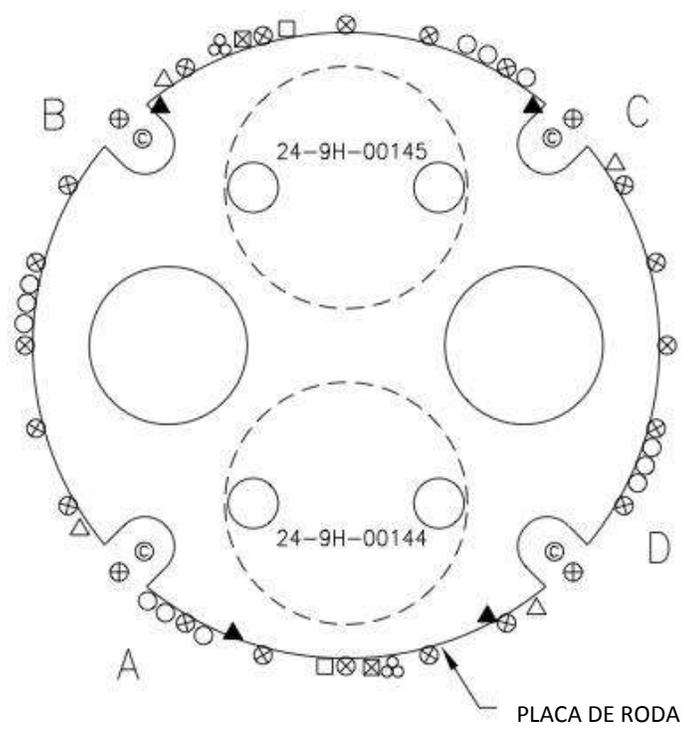
4 SENSORES DE COMPRESIÓN DE +0.0 A -20.47  
 4 SENSORES DE COMPRESIÓN DE +0.0 A -23.57  
 4 SENSORES DE COMPRESIÓN DE +0.0 A -27.93



2631-D NW 41st St.  
 Gainesville, FL 32606  
 Phone: 800-368-1138  
 FAX: 352-378-3934

SECCIÓN ESQUEMÁTICA DEL PILOTE DE PRUEBA TP-1  
 LÍNEA 2 DEL METRO DE LIMA - LIMA, PERÚ

DIBUJADO POR: DJJ	FECHA: 07 nov 2016	VERIFICADO POR: BDH	LT-1598-1
REVISADO POR: RCS	FECHA: 19 dic 2016	ESCALA: NTS	<b>FIGURA A</b>



- LEYENDA:
- DEFORMÍMETRO
  - LVWDT
  - SENSOR
  - TUBO DE VENTILACIÓN
  - MANGUERAS HIDRÁULICAS
  - ACERO CORRUGADO
  - ATADO DE CABLES
  - TUBO CSL



PLACA DE RODAMIENTO



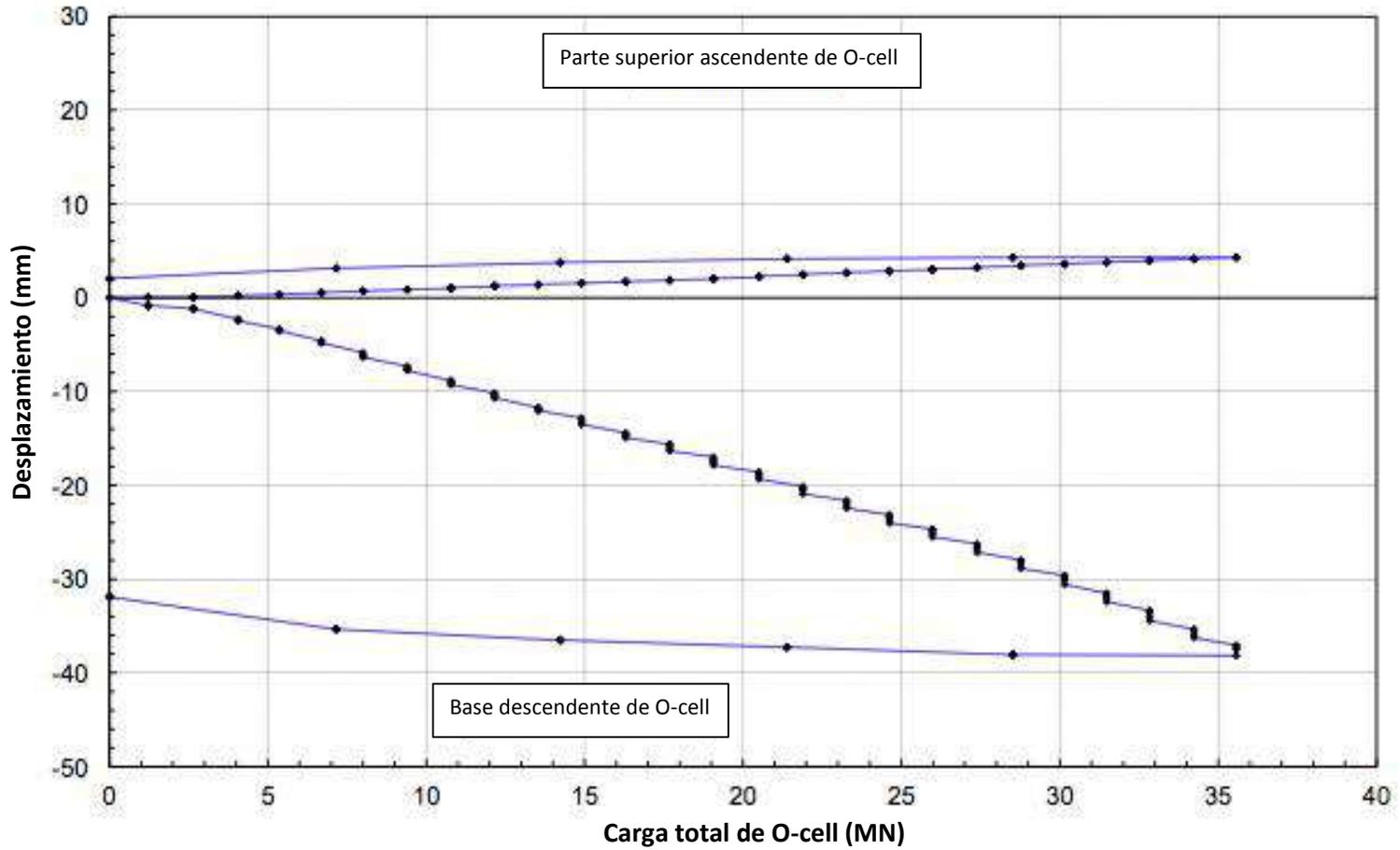
2631-D NW 41st St.  
Gainesville, FL 32606  
Phone: 800-368-1138  
FAX: 352-378-3934

DISTRIBUCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN  
LÍNEA 2 DEL METRO DE LIMA - LIMA, PERÚ

DIBUJADO POR: BDH	FECHA: 09 dic 2016	VERIFICADO POR: MZC	LT-1598-1
REVISADO POR:	FECHA:	ESCALA: NTS	<b>FIGURA B</b>

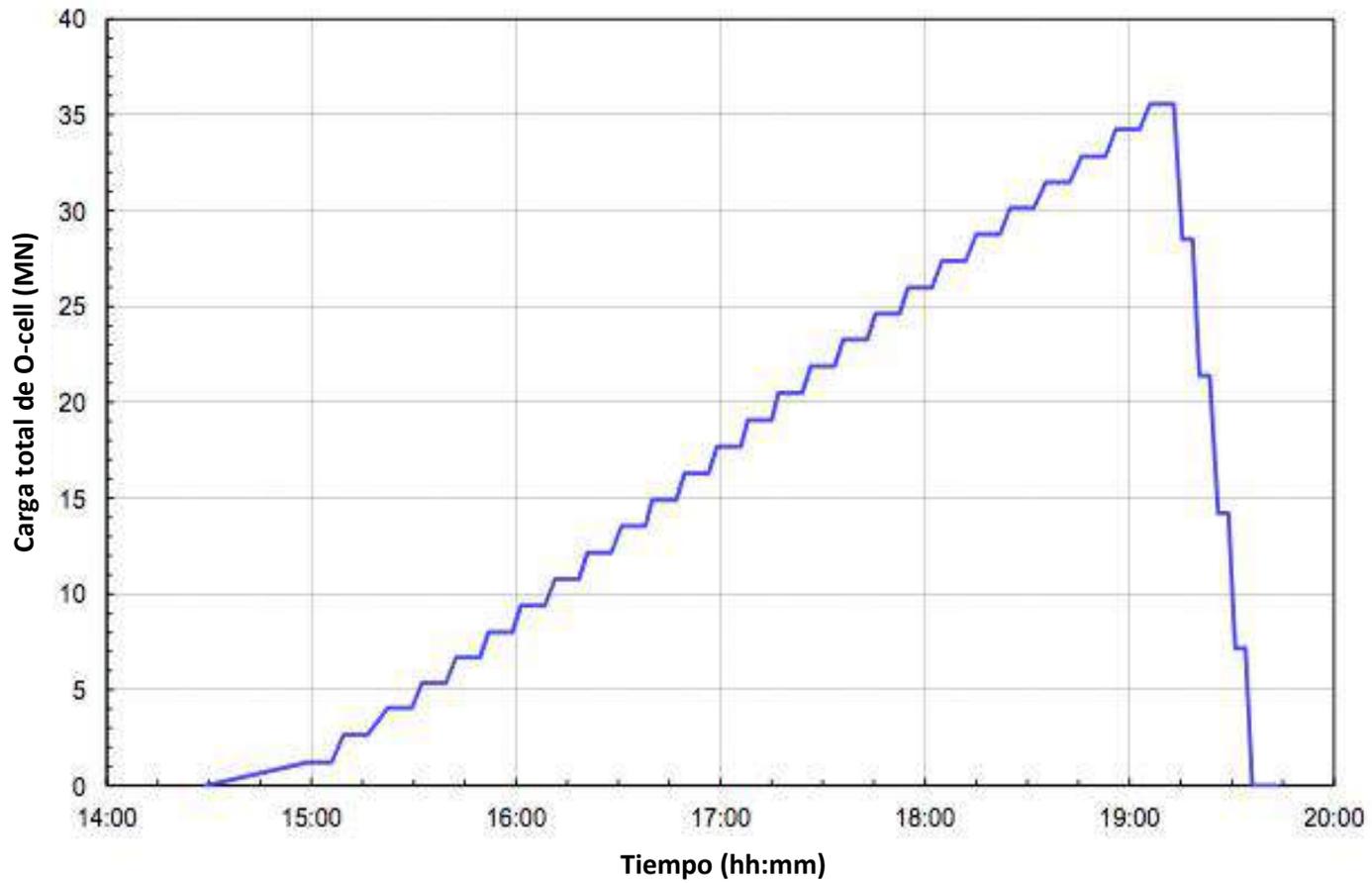
# Carga de Célula de Osterberg vs. Desplazamiento

TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú



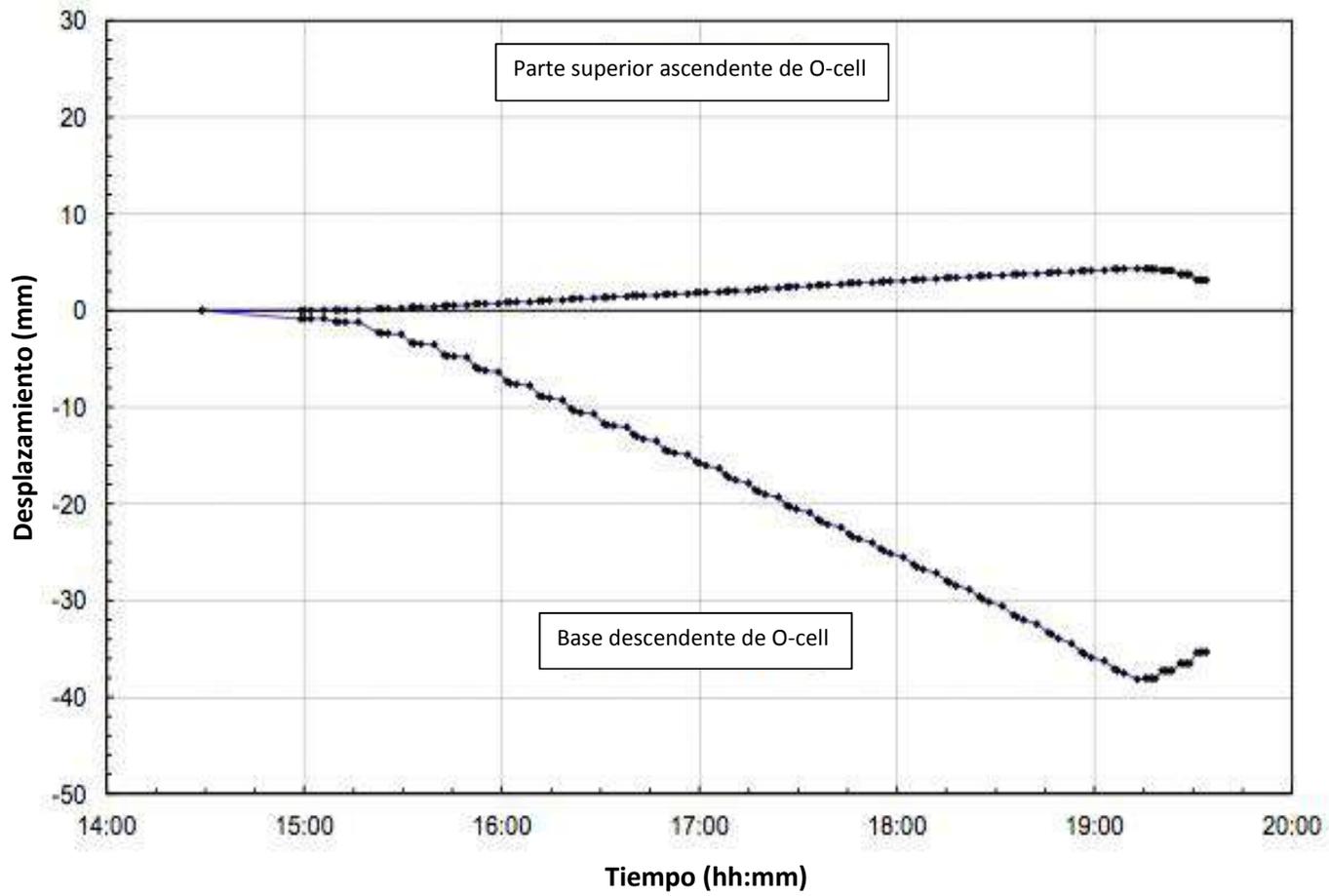
## Tiempo vs. Carga de Célula de Osterberg

TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú



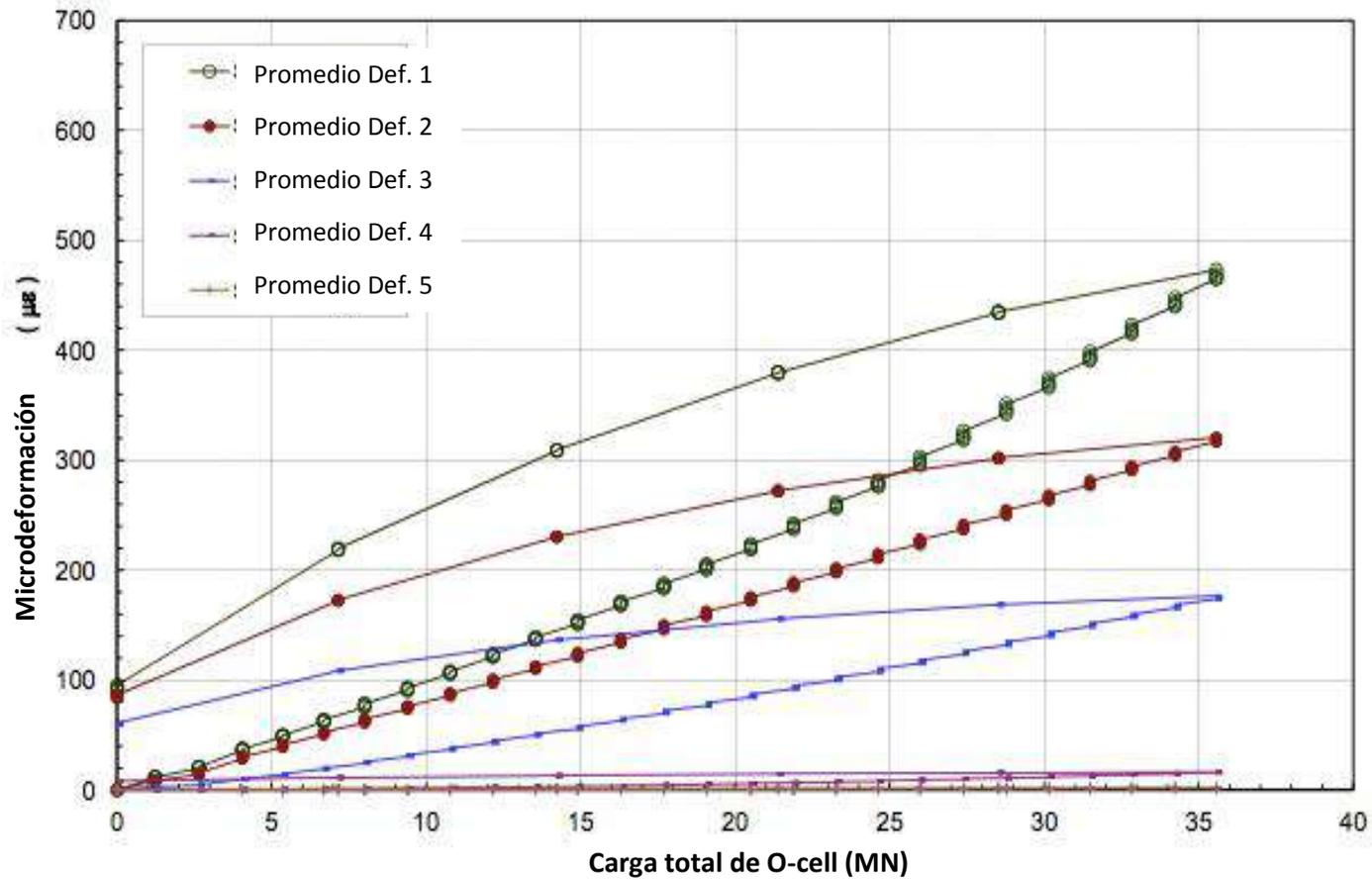
# Tiempo vs. Desplazamiento de Célula Osterberg

TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú



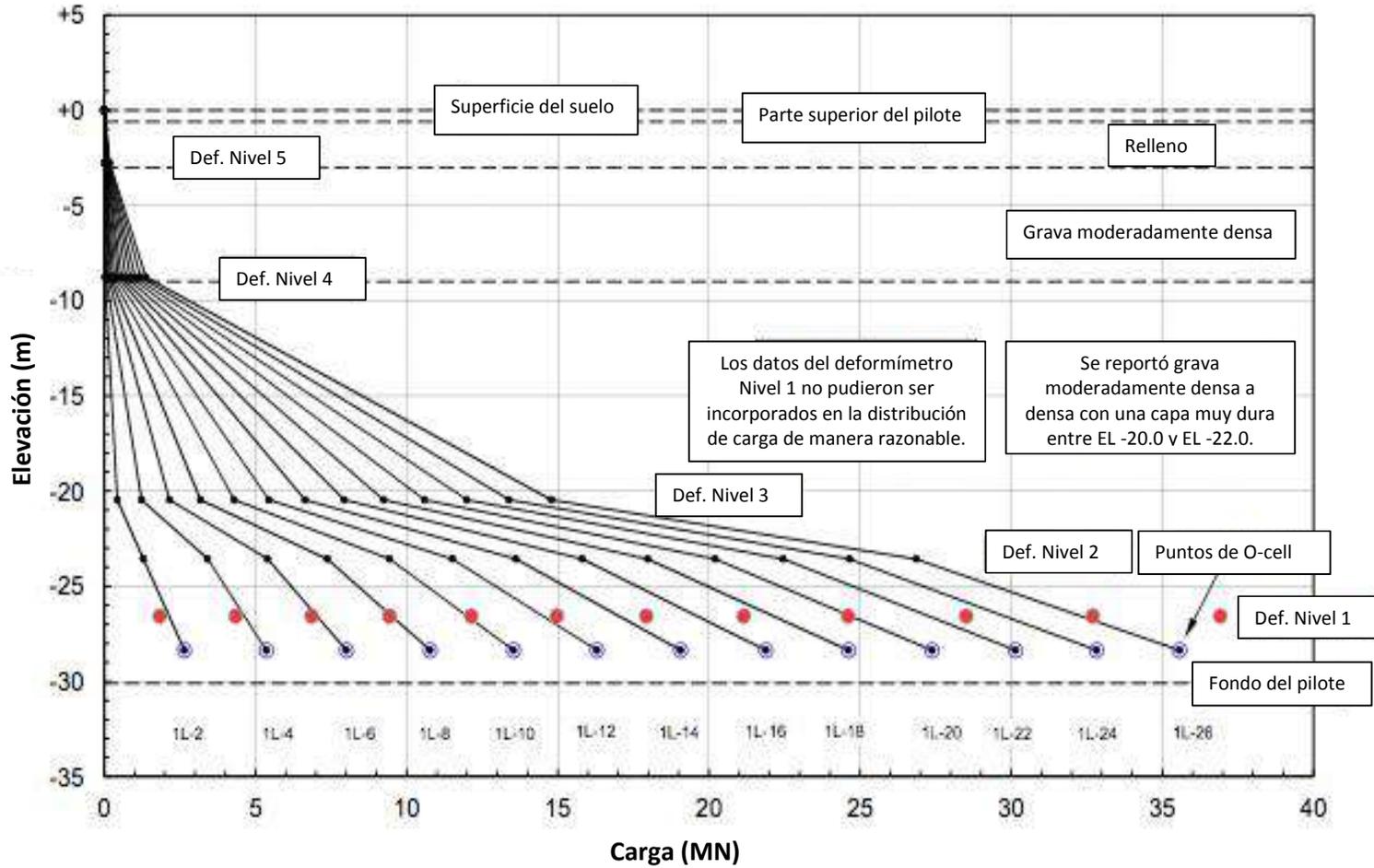
# Carga de Célula de Osterberg vs. Microdeformación del deformímetro

TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú



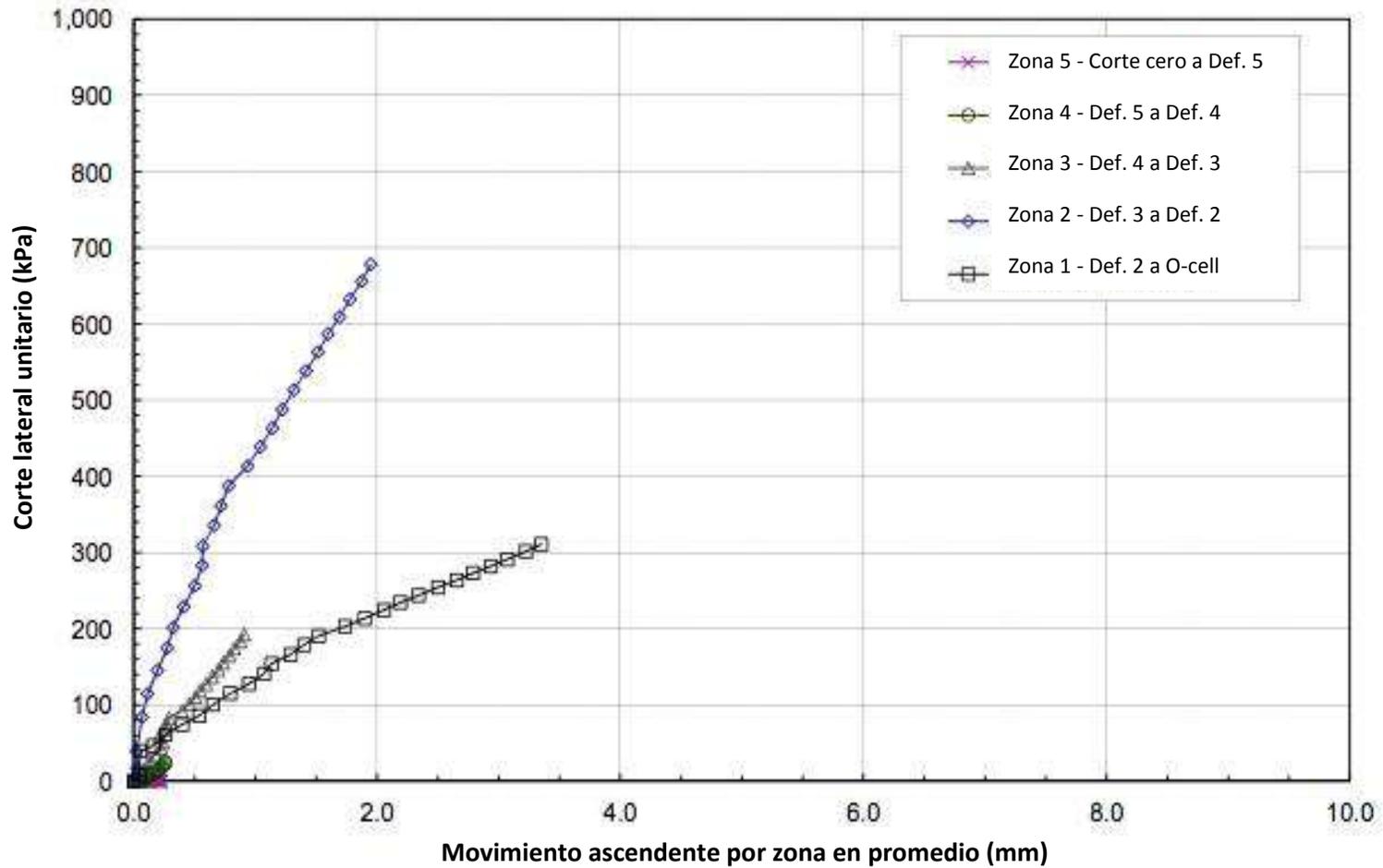
## Distribución de la carga del deformímetro

### TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú



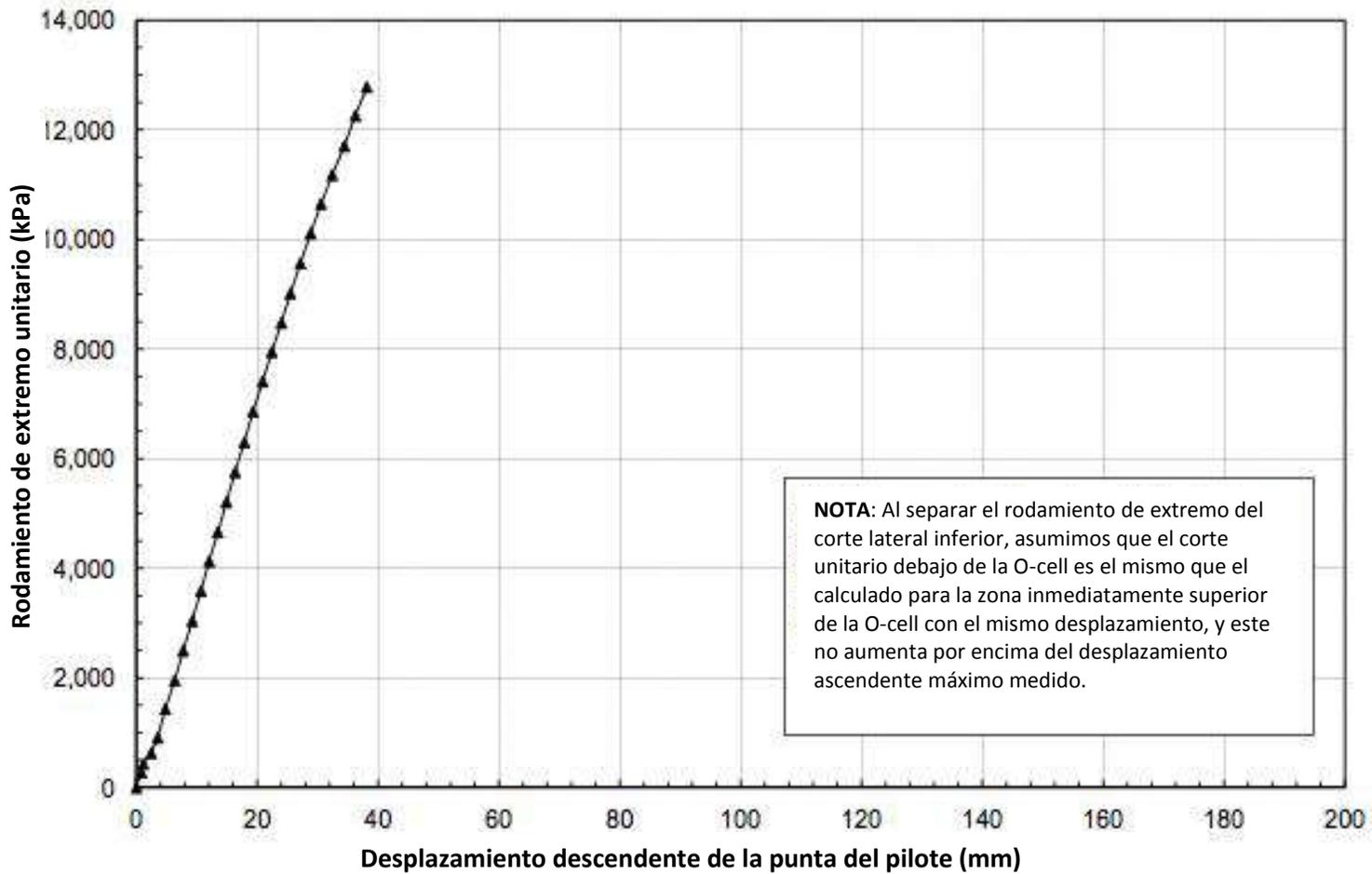
## Corte lateral unitario neto movilizado de manera ascendente

TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú



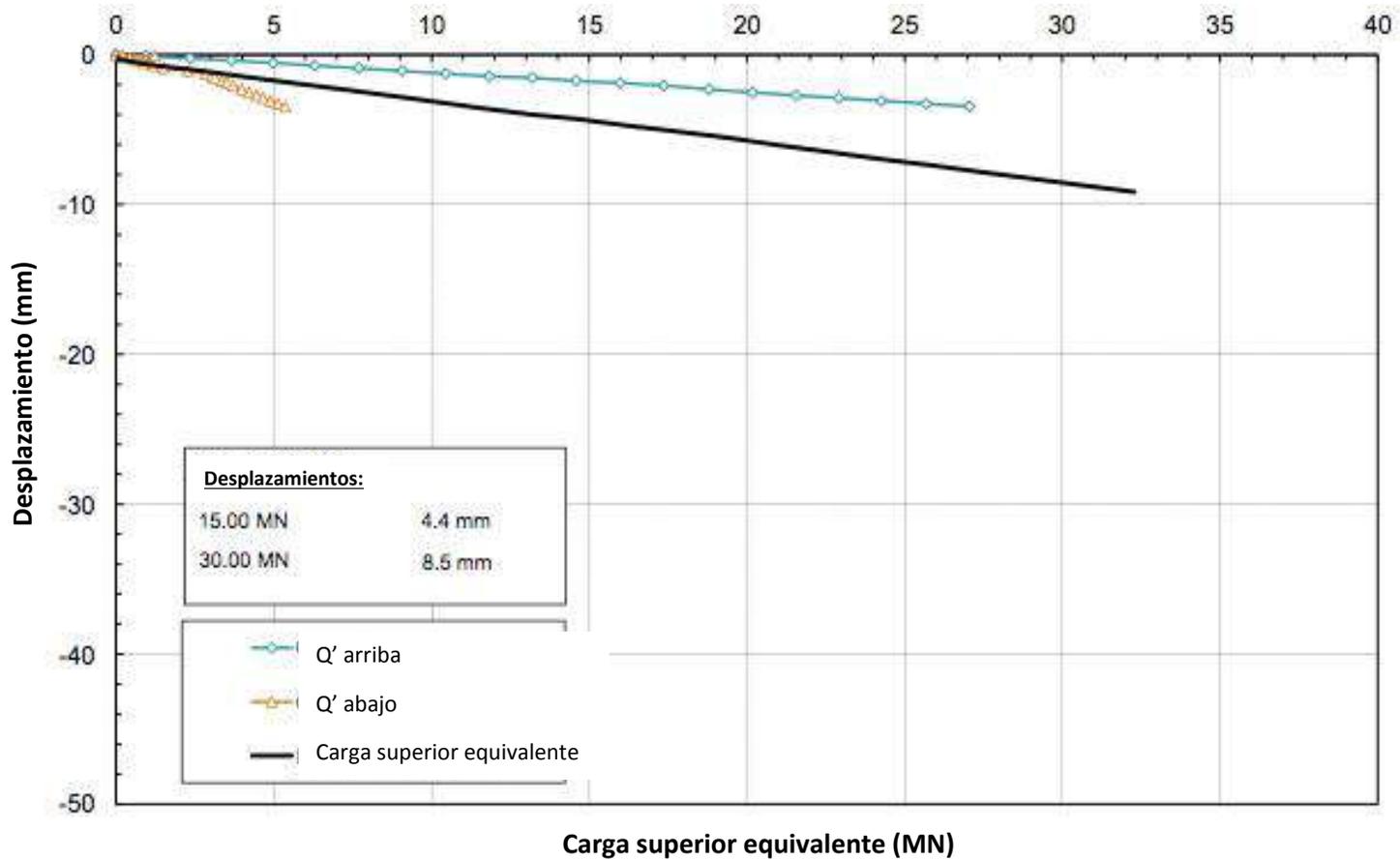
## Rodamiento de extremo unitario movilizado

TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú



## Carga superior equivalente vs. Desplazamiento

TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú



TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima  
Lima, Perú (LT-1598-1)

## **APÉNDICE A**

### TABLAS DE DATOS DE CAMPO Y DE REDUCCIÓN DE DATOS

**Movimiento ascendente de la parte superior del pilote y compresión superior del pilote  
TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú**

Aumento de prueba de carga	Tiempo de espera (minutos)	Tiempo (hh:mm:ss)	O-cell		Parte superior del pilote			Sensores de compresión a toda longitud				
			Presión (MPa)	Carga (MN)	A-92244 <sup>1</sup> (mm)	B-282669 (mm)	Promedio (mm)	A-1320363 (mm)	B-1320361 (mm)	C-1433325 (mm)	D-1433324 (mm)	Promedio (mm)
1 L - 0	-	14:29:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 L - 1	1	14:59:00	3.65	1.22	0.11	-0.01	-0.01	0.00	0.06	0.05	0.06	0.04
1 L - 1	2	15:00:00	3.65	1.22	0.18	-0.01	-0.01	0.00	0.06	0.05	0.06	0.04
1 L - 1	4	15:02:00	3.65	1.22	0.13	-0.01	-0.01	0.00	0.06	0.05	0.06	0.04
1 L - 1	8	15:06:00	3.65	1.22	0.03	0.01	0.01	0.00	0.06	0.06	0.06	0.05
1 L - 2	1	15:09:30	7.24	2.65	0.21	-0.01	-0.01	0.00	0.10	0.08	0.09	0.07
1 L - 2	2	15:10:30	7.24	2.65	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.10	0.08	0.09	0.06
1 L - 2	4	15:12:30	7.24	2.65	0.16	-0.01	-0.01	0.00	0.10	0.09	0.10	0.07
1 L - 2	8	15:16:30	7.24	2.65	0.03	0.00	0.00	0.00	0.11	0.10	0.11	0.08
1 L - 3	1	15:22:30	10.76	4.06	0.02	-0.01	-0.01	0.09	0.24	0.25	0.25	0.21
1 L - 3	2	15:23:30	10.76	4.06	0.04	0.00	0.00	0.11	0.26	0.25	0.26	0.22
1 L - 3	4	15:25:30	10.76	4.06	0.04	0.00	0.00	0.10	0.26	0.25	0.26	0.22
1 L - 3	8	15:29:30	10.76	4.06	-0.01	0.00	0.00	0.11	0.26	0.26	0.27	0.23
1 L - 4	1	15:32:30	14.00	5.36	0.05	0.00	0.00	0.22	0.37	0.37	0.39	0.34
1 L - 4	2	15:33:30	14.00	5.36	0.01	-0.01	-0.01	0.24	0.38	-0.37	0.39	0.35
1 L - 4	4	15:35:30	14.00	5.36	0.04	-0.01	-0.01	0.24	0.39	0.39	0.40	0.36
1 L - 4	8	15:39:30	14.00	5.36	0.02	0.00	0.00	0.25	0.41	0.39	0.41	0.37
1 L - 5	1	15:42:30	17.31	6.69	0.08	0.00	0.00	0.39	0.55	0.51	0.55	0.50
1 L - 5	2	15:43:30	17.31	6.69	0.02	0.01	0.01	0.40	0.56	0.52	0.56	0.51
1 L - 5	4	15:45:30	17.31	6.69	0.07	0.02	0.02	0.40	0.57	0.53	0.56	0.52
1 L - 5	8	15:49:30	17.31	6.69	0.03	0.03	0.03	0.41	0.58	0.54	0.57	0.52
1 L - 6	1	15:52:00	20.62	8.01	0.02	0.03	0.03	0.54	0.71	0.65	0.70	0.65
1 L - 6	2	15:53:00	20.62	8.01	0.10	0.04	0.04	0.57	0.72	0.65	0.73	0.67
1 L - 6	4	15:55:00	20.62	8.01	0.07	0.05	0.05	0.57	0.73	0.66	0.74	0.68
1 L - 6	8	15:59:00	20.62	8.01	0.05	0.05	0.05	0.58	0.74	0.67	0.75	0.68
1 L - 7	1	16:01:30	24.06	9.40	0.03	0.04	0.04	0.71	0.86	0.81	0.89	0.82
1 L - 7	2	16:02:30	24.06	9.40	0.14	0.03	0.03	0.73	0.88	0.82	0.91	0.83
1 L - 7	4	16:04:30	24.06	9.40	0.05	0.03	0.03	0.74	0.89	0.83	0.92	0.85
1 L - 7	8	16:08:30	24.06	9.40	0.10	0.03	0.03	0.75	0.90	0.84	0.93	0.86
1 L - 8	1	16:11:30	27.51	10.78	0.07	0.03	0.03	0.88	1.02	0.97	1.06	0.98
1 L - 8	2	16:12:30	27.51	10.78	0.12	0.03	0.03	0.89	1.03	0.97	1.07	0.99
1 L - 8	4	16:14:30	27.51	10.78	0.07	0.04	0.04	0.90	1.04	0.98	1.08	1.00
1 L - 8	8	16:18:30	27.51	10.78	-0.01	0.06	0.06	0.92	1.05	0.99	1.09	1.01
1 L - 9	1	16:21:00	30.96	12.16	0.08	0.07	0.07	1.05	1.18	1.11	1.23	1.14
1 L - 9	2	16:22:00	30.96	12.16	0.11	0.09	0.09	1.07	1.19	1.12	1.24	1.16
1 L - 9	4	16:24:00	30.96	12.16	0.15	0.08	0.08	1.08	1.20	1.13	1.26	1.17
1 L - 9	8	16:28:00	30.96	12.16	0.06	0.08	0.08	1.11	1.22	1.14	1.28	1.19
1 L - 10	1	16:31:00	34.41	13.54	0.11	0.05	0.05	1.26	1.35	1.22	1.42	1.31
1 L - 10	2	16:32:00	34.41	13.54	0.18	0.04	0.04	1.27	1.35	1.23	1.43	1.32
1 L - 10	4	16:34:00	34.41	13.54	0.13	0.06	0.06	1.29	1.37	1.25	1.45	1.34
1 L - 10	8	16:38:00	34.41	13.54	0.13	0.07	0.07	1.33	1.39	1.26	1.48	1.37
1 L - 11	1	16:40:00	37.78	14.90	0.04	0.08	0.08	1.45	1.51	1.38	1.61	1.48
1 L - 11	2	16:41:00	37.78	14.90	0.08	0.05	0.05	1.46	1.52	1.39	1.62	1.50
1 L - 11	4	16:43:00	37.78	14.90	0.17	0.03	0.03	1.48	1.54	1.41	1.64	1.52
1 L - 11	8	16:47:00	37.78	14.90	0.12	0.01	0.01	1.49	1.55	1.43	1.66	1.53
1 L - 12	1	16:49:30	41.30	16.30	0.01	0.01	0.01	1.61	1.67	1.55	1.80	1.66
1 L - 12	2	16:50:30	41.30	16.30	0.04	0.02	0.02	1.63	1.69	1.57	1.81	1.68
1 L - 12	4	16:52:30	41.30	16.30	0.12	0.02	0.02	1.65	1.71	1.58	1.83	1.69
1 L - 12	8	16:56:30	41.30	16.30	0.10	0.03	0.03	1.66	1.73	1.59	1.85	1.71
1 L - 13	1	16:58:00	44.75	17.69	0.25	0.03	0.03	1.76	1.83	1.70	1.96	1.82
1 L - 13	2	17:00:00	44.75	17.69	0.05	0.03	0.03	1.78	1.84	1.71	1.97	1.83
1 L - 13	4	17:02:00	44.75	17.69	0.05	0.03	0.03	1.80	1.86	1.73	2.00	1.85
1 L - 13	8	17:06:00	44.75	17.69	0.09	0.02	0.02	1.81	1.88	1.75	2.02	1.87
1 L - 14	1	17:08:00	48.19	19.07	0.06	0.03	0.03	1.93	1.99	1.87	2.14	1.98
1 L - 14	2	17:09:00	48.19	19.07	0.08	0.02	0.02	1.95	2.01	1.88	2.16	2.00
1 L - 14	4	17:11:00	48.19	19.07	0.04	0.01	0.01	1.97	2.03	1.90	2.18	2.02
1 L - 14	8	17:15:00	48.19	19.07	0.05	0.01	0.01	1.99	2.06	1.92	2.20	2.04
1 L - 15	1	17:17:00	51.78	20.50	0.08	0.03	0.03	2.12	2.18	2.04	2.33	2.17
1 L - 15	2	17:18:00	51.78	20.50	0.12	0.06	0.06	2.13	2.19	2.05	2.34	2.18
1 L - 15	4	17:20:00	51.78	20.50	0.11	0.08	0.08	2.14	2.20	2.07	2.36	2.19
1 L - 15	8	17:24:00	51.78	20.50	0.08	0.09	0.09	2.17	2.23	2.09	2.38	2.22

**Movimiento ascendente de la parte superior del pilote y compresión superior del pilote  
TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú**

Aumento de prueba de carga	Tiempo de espera (minutos)	Tiempo (hh:mm:ss)	O-cell		Parte superior del pilote			Sensores de compresión a toda longitud				
			Presión (MPa)	Carga (MN)	A-92244 <sup>1</sup> (mm)	B-282669 (mm)	Promedio (mm)	A-1320363 (mm)	B-1320361 (mm)	C-1433325 (mm)	D-1433324 (mm)	Promedio (mm)
1 L - 16	1	17:26:30	55.23	21.89	0.09	0.08	0.08	2.29	2.34	2.21	2.51	2.34
1 L - 16	2	17:27:30	55.23	21.89	0.05	0.10	0.10	2.31	2.35	2.22	2.53	2.35
1 L - 16	4	17:29:30	55.23	21.89	0.12	0.10	0.10	2.33	2.37	2.24	2.55	2.37
1 L - 16	8	17:33:30	55.23	21.89	0.08	0.12	0.12	2.35	2.40	2.26	2.57	2.39
1 L - 17	1	17:36:00	58.67	23.27	0.22	0.11	0.11	2.46	2.50	2.36	2.69	2.50
1 L - 17	2	17:37:00	58.67	23.27	0.06	0.12	0.12	2.48	2.52	2.38	2.71	2.52
1 L - 17	4	17:39:00	58.67	23.27	0.16	0.13	0.13	2.49	2.54	2.41	2.73	2.54
1 L - 17	8	17:43:00	58.67	23.27	0.11	0.14	0.14	2.52	2.56	2.45	2.75	2.57
1 L - 18	1	17:45:30	62.05	24.62	0.12	0.14	0.14	2.63	2.66	2.55	2.87	2.68
1 L - 18	2	17:46:30	62.05	24.62	0.12	0.15	0.15	2.64	2.68	2.56	2.89	2.69
1 L - 18	4	17:48:30	62.05	24.62	0.10	0.15	0.15	2.67	2.70	2.57	2.91	2.71
1 L - 18	8	17:52:30	62.05	24.62	0.09	0.15	0.15	2.69	2.73	2.59	2.93	2.73
1 L - 19	1	17:55:00	65.43	25.98	0.08	0.15	0.15	2.79	2.82	2.70	3.04	2.84
1 L - 19	2	17:56:00	65.43	25.98	0.08	0.15	0.15	2.81	2.84	2.72	3.05	2.86
1 L - 19	4	17:58:00	65.43	25.98	0.09	0.16	0.16	2.83	2.86	2.73	3.08	2.87
1 L - 19	8	18:02:00	65.43	25.98	0.12	0.17	0.17	2.86	2.88	2.76	3.10	2.90
1 L - 20	1	18:05:00	68.95	27.39	0.12	0.17	0.17	2.98	2.99	2.87	3.22	3.02
1 L - 20	2	18:06:00	68.95	27.39	0.12	0.17	0.17	2.99	3.01	2.89	3.24	3.03
1 L - 20	4	18:08:00	68.95	27.39	0.12	0.18	0.18	3.01	3.03	2.91	3.26	3.05
1 L - 20	8	18:12:00	68.95	27.39	0.12	0.19	0.19	3.04	3.05	2.93	3.28	3.08
1 L - 21	1	18:15:00	72.40	28.77	0.12	0.20	0.20	3.15	3.16	3.04	3.40	3.19
1 L - 21	2	18:16:00	72.40	28.77	0.12	0.20	0.20	3.17	3.17	3.06	3.42	3.20
1 L - 21	4	18:18:00	72.40	28.77	0.12	0.20	0.20	3.18	3.20	3.08	3.44	3.22
1 L - 21	8	18:22:00	72.40	28.77	0.25	0.21	0.21	3.21	3.22	3.10	3.46	3.25
1 L - 22	1	18:25:00	75.84	30.15	0.25	0.22	0.22	3.30	3.32	3.21	3.58	3.35
1 L - 22	2	18:26:00	75.84	30.15	0.22	0.21	0.21	3.31	3.34	3.23	3.59	3.37
1 L - 22	4	18:28:00	75.84	30.15	0.20	0.21	0.21	3.33	3.36	3.25	3.61	3.39
1 L - 22	8	18:32:00	75.84	30.15	0.23	0.22	0.22	3.34	3.38	3.27	3.64	3.41
1 L - 23	1	18:35:30	79.15	31.48	-0.06	0.24	0.24	3.44	3.49	3.38	3.76	3.52
1 L - 23	2	18:36:30	79.15	31.48	-0.06	0.24	0.24	3.45	3.50	3.39	3.77	3.53
1 L - 23	4	18:38:30	79.15	31.48	0.04	0.24	0.24	3.46	3.52	3.41	3.79	3.55
1 L - 23	8	18:42:30	79.15	31.48	-0.04	0.24	0.24	3.48	3.55	3.43	3.82	3.57
1 L - 24	1	18:46:00	82.53	32.83	0.00	0.24	0.24	3.59	3.67	3.55	3.95	3.69
1 L - 24	2	18:47:00	82.53	32.83	0.11	0.24	0.24	3.60	3.68	3.56	3.97	3.70
1 L - 24	4	18:49:00	82.53	32.83	0.11	0.25	0.25	3.61	3.70	3.58	3.98	3.72
1 L - 24	8	18:53:00	82.53	32.83	0.11	0.25	0.25	3.63	3.72	3.59	4.00	3.73
1 L - 25	1	18:56:00	86.05	34.24	0.11	0.26	0.26	3.74	3.83	3.71	4.13	3.85
1 L - 25	2	18:57:00	86.05	34.24	0.11	0.26	0.26	3.75	3.85	3.73	4.14	3.86
1 L - 25	4	18:59:00	86.05	34.24	0.09	0.26	0.26	3.76	3.86	3.74	4.16	3.88
1 L - 25	8	19:03:00	86.05	34.24	0.09	0.27	0.27	3.78	3.88	3.76	4.19	3.90
1 L - 26	1	19:06:00	89.36	35.57	0.11	0.27	0.27	3.89	3.99	3.87	4.30	4.01
1 L - 26	2	19:07:00	89.36	35.57	0.10	0.27	0.27	3.89	4.00	3.88	4.31	4.02
1 L - 26	4	19:09:00	89.36	35.57	0.09	0.27	0.27	3.91	4.02	3.90	4.33	4.04
1 L - 26	8	19:13:00	89.36	35.57	0.13	0.27	0.27	3.93	4.05	3.92	4.36	4.06
1 U - 1	1	19:15:30	71.77	28.52	0.12	0.27	0.27	3.87	3.99	3.92	4.36	4.04
1 U - 1	2	19:16:30	71.77	28.52	0.15	0.27	0.27	3.87	3.99	3.92	4.36	4.04
1 U - 1	3	19:17:30	71.77	28.52	0.11	0.27	0.27	3.87	3.99	3.92	4.36	4.03
1 U - 1	4	19:18:30	71.77	28.52	0.11	0.26	0.26	3.87	3.99	3.92	4.36	4.03
1 U - 2	1	19:20:30	53.99	21.39	0.14	0.26	0.26	3.69	3.76	3.81	4.27	3.88
1 U - 2	2	19:21:30	53.99	21.39	0.11	0.26	0.26	3.68	3.76	3.80	4.27	3.88
1 U - 2	3	19:22:30	53.99	21.39	0.11	0.26	0.26	3.68	3.76	3.81	4.27	3.88
1 U - 2	4	19:23:30	53.99	21.39	0.14	0.25	0.25	3.68	3.76	3.80	4.27	3.88
1 U - 3	1	19:26:00	36.13	14.23	0.08	0.25	0.25	3.29	3.36	3.42	3.97	3.51
1 U - 3	2	19:27:00	36.13	14.23	0.12	0.24	0.24	3.29	3.35	3.42	3.97	3.51
1 U - 3	3	19:28:00	36.13	14.23	0.10	0.23	0.23	3.28	3.35	3.42	3.97	3.51
1 U - 3	4	19:29:00	36.13	14.23	0.10	0.23	0.23	3.28	3.35	3.42	3.97	3.51
1 U - 4	1	19:31:00	18.48	7.16	0.08	0.22	0.22	2.63	2.75	2.86	3.48	2.93
1 U - 4	2	19:32:00	18.48	7.16	0.10	0.21	0.21	2.62	2.75	2.86	3.48	2.93
1 U - 4	3	19:33:00	18.48	7.16	0.09	0.22	0.22	2.62	2.75	2.86	3.48	2.93
1 U - 4	4	19:34:00	18.48	7.16	0.10	0.21	0.21	2.62	2.75	2.86	3.48	2.93
1 U - 5	1	19:36:00	0.00	0.00	0.07	0.19	0.19	1.54	1.78	1.82	2.32	1.86
1 U - 5	2	19:37:00	0.00	0.00	0.06	0.18	0.18	1.53	1.77	1.81	2.32	1.86
1 U - 5	4	19:39:00	0.00	0.00	0.05	0.18	0.18	1.51	1.75	1.80	2.32	1.85
1 U - 5	8	19:43:00	0.00	0.00	0.04	0.18	0.18	1.50	1.74	1.80	2.31	1.84

<sup>1</sup> Los datos del Medidor A de la parte superior del pilote tuvieron demasiado ruido y no están incluidos en el promedio.

**Sensores de compresión a medio nivel  
TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú**

Aumento de prueba de carga	Tiempo de espera (mins)	Tiempo (hh:mm:ss)	O-cell		Sensores de compresión de deformímetro nivel 2					Sensores de compresión de deformímetro nivel 3				
			Presión (MPa)	Carga (kN)	1A-1433326 (mm)	1B-1314999 (mm)	1C-1428890 (mm)	1D-1320360 (mm)	Promedio (mm)	2A-1422250 (mm)	2B-1333825 (mm)	2C-1333824 (mm)	2D-1422249 (mm)	Promedio (mm)
1 L - 0	-	14:29:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 L - 1	1	14:59:00	3.65	1.22	0.04	0.03	0.07	0.07	0.05	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01
1 L - 1	2	15:00:00	3.65	1.22	0.04	0.03	0.07	0.07	0.05	0.01	0.03	0.03	-0.01	0.01
1 L - 1	4	15:02:00	3.65	1.22	0.04	0.03	0.07	0.07	0.05	0.01	0.02	0.03	0.00	0.01
1 L - 1	8	15:06:00	3.65	1.22	0.04	0.04	0.07	0.07	0.05	0.01	0.03	0.03	0.00	0.02
1 L - 2	1	15:09:30	7.24	2.65	0.06	0.03	0.11	0.11	0.08	0.01	0.04	0.04	0.03	0.03
1 L - 2	2	15:10:30	7.24	2.65	0.06	0.02	0.12	0.11	0.08	0.00	0.04	0.04	0.00	0.02
1 L - 2	4	15:12:30	7.24	2.65	0.06	0.03	0.11	0.11	0.08	0.00	0.03	0.04	-0.01	0.01
1 L - 2	8	15:16:30	7.24	2.65	0.07	0.05	0.13	0.13	0.09	0.03	0.05	0.06	0.00	0.03
1 L - 3	1	15:22:30	10.76	4.06	0.12	0.10	0.26	0.23	0.18	0.00	0.04	0.07	0.02	0.03
1 L - 3	2	15:23:30	10.76	4.06	0.13	0.11	0.27	0.24	0.19	0.01	0.06	0.07	0.02	0.04
1 L - 3	4	15:25:30	10.76	4.06	0.13	0.12	0.27	0.24	0.19	0.00	0.05	0.06	0.00	0.03
1 L - 3	8	15:29:30	10.76	4.06	0.14	0.13	0.28	0.25	0.20	0.02	0.06	0.08	0.02	0.04
1 L - 4	1	15:32:30	14.00	5.36	0.20	0.29	0.39	0.36	0.31	0.04	0.10	0.09	0.05	0.07
1 L - 4	2	15:33:30	14.00	5.36	0.21	0.31	0.40	0.37	0.32	0.04	0.09	0.09	0.05	0.07
1 L - 4	4	15:35:30	14.00	5.36	0.21	0.32	0.40	0.36	0.33	0.04	0.09	0.11	0.03	0.07
1 L - 4	8	15:39:30	14.00	5.36	0.22	0.33	0.42	0.39	0.34	0.05	0.12	0.11	0.05	0.08
1 L - 5	1	15:42:30	17.31	6.69	0.30	0.62	0.54	0.51	0.49	0.07	0.14	0.14	0.06	0.10
1 L - 5	2	15:43:30	17.31	6.69	0.31	0.62	0.55	0.52	0.50	0.07	0.14	0.14	0.07	0.11
1 L - 5	4	15:45:30	17.31	6.69	0.31	0.62	0.56	0.53	0.51	0.06	0.14	0.14	0.05	0.10
1 L - 5	8	15:49:30	17.31	6.69	0.32	0.63	0.57	0.54	0.51	0.08	0.14	0.15	0.08	0.11
1 L - 6	1	15:52:00	20.62	8.01	0.40	0.77	0.69	0.67	0.63	0.10	0.18	0.18	0.10	0.14
1 L - 6	2	15:53:00	20.62	8.01	0.41	0.79	0.71	0.69	0.65	0.09	0.18	0.17	0.10	0.14
1 L - 6	4	15:55:00	20.62	8.01	0.42	0.80	0.72	0.70	0.65	0.08	0.21	0.18	0.08	0.14
1 L - 6	8	15:59:00	20.62	8.01	0.42	0.82	0.73	0.71	0.67	0.07	0.16	0.17	0.10	0.12
1 L - 7	1	16:01:30	24.06	8.40	0.49	0.99	0.85	0.83	0.79	0.10	0.20	0.21	0.11	0.15
1 L - 7	2	16:02:30	24.06	8.40	0.50	1.01	0.87	0.85	0.81	0.10	0.16	0.22	0.10	0.14
1 L - 7	4	16:04:30	24.06	8.40	0.51	1.03	0.87	0.86	0.82	0.09	0.22	0.22	0.12	0.16
1 L - 7	8	16:08:30	24.06	8.40	0.51	1.04	0.88	0.86	0.82	0.07	0.20	0.21	0.12	0.15
1 L - 8	1	16:11:30	27.51	10.78	0.59	1.21	1.00	0.96	0.95	0.11	0.23	0.25	0.16	0.19
1 L - 8	2	16:12:30	27.51	10.78	0.59	1.22	1.01	1.00	0.95	0.11	0.23	0.25	0.17	0.19
1 L - 8	4	16:14:30	27.51	10.78	0.60	1.23	1.02	1.01	0.93	0.12	0.24	0.27	0.17	0.20
1 L - 8	8	16:18:30	27.51	10.78	0.61	1.25	1.03	1.02	0.97	0.11	0.24	0.25	0.17	0.19
1 L - 9	1	16:21:00	30.96	12.16	0.68	1.42	1.14	1.14	1.10	0.13	0.29	0.29	0.21	0.23
1 L - 9	2	16:22:00	30.96	12.16	0.69	1.43	1.15	1.15	1.11	0.13	0.29	0.29	0.22	0.24
1 L - 9	4	16:24:00	30.96	12.16	0.69	1.44	1.16	1.16	1.12	0.13	0.29	0.31	0.22	0.24
1 L - 9	8	16:28:00	30.96	12.16	0.71	1.47	1.18	1.18	1.13	0.13	0.30	0.32	0.22	0.24
1 L - 10	1	16:31:00	34.41	13.54	0.79	1.65	1.30	1.30	1.25	0.17	0.36	0.37	0.27	0.29
1 L - 10	2	16:32:00	34.41	13.54	0.79	1.66	1.30	1.31	1.27	0.17	0.36	0.38	0.28	0.29
1 L - 10	4	16:34:00	34.41	13.54	0.80	1.68	1.32	1.33	1.28	0.18	0.37	0.39	0.32	0.31
1 L - 10	8	16:38:00	34.41	13.54	0.82	1.74	1.34	1.36	1.31	0.20	0.38	0.40	0.33	0.33
1 L - 11	1	16:40:00	37.78	14.90	0.88	1.91	1.44	1.47	1.43	0.26	0.44	0.45	0.34	0.37
1 L - 11	2	16:41:00	37.78	14.90	0.89	1.93	1.45	1.46	1.44	0.28	0.46	0.46	0.33	0.38
1 L - 11	4	16:43:00	37.78	14.90	0.90	1.95	1.47	1.50	1.45	0.29	0.46	0.46	0.34	0.39
1 L - 11	8	16:47:00	37.78	14.90	0.91	1.96	1.48	1.51	1.47	0.30	0.46	0.46	0.36	0.40
1 L - 12	1	16:49:30	41.30	16.30	0.99	2.12	1.59	1.63	1.58	0.34	0.53	0.52	0.41	0.45
1 L - 12	2	16:50:30	41.30	16.30	1.00	2.14	1.60	1.65	1.60	0.36	0.55	0.54	0.43	0.47
1 L - 12	4	16:52:30	41.30	16.30	1.01	2.15	1.62	1.66	1.61	0.36	0.56	0.55	0.44	0.47
1 L - 12	8	16:56:30	41.30	16.30	1.02	2.18	1.64	1.65	1.63	0.36	0.57	0.56	0.44	0.48
1 L - 13	1	16:59:00	44.75	17.69	1.08	2.33	1.73	1.78	1.73	0.40	0.61	0.61	0.48	0.52
1 L - 13	2	17:00:00	44.75	17.69	1.09	2.34	1.74	1.79	1.74	0.39	0.61	0.61	0.50	0.53
1 L - 13	4	17:02:00	44.75	17.69	1.10	2.37	1.75	1.81	1.75	0.40	0.62	0.62	0.49	0.53
1 L - 13	8	17:06:00	44.75	17.69	1.11	2.40	1.77	1.83	1.78	0.40	0.63	0.63	0.48	0.53
1 L - 14	1	17:08:00	48.19	19.07	1.18	2.56	1.86	1.94	1.88	0.44	0.66	0.67	0.54	0.58
1 L - 14	2	17:09:00	48.19	19.07	1.19	2.58	1.88	1.96	1.90	0.45	0.67	0.68	0.55	0.59
1 L - 14	4	17:11:00	48.19	19.07	1.20	2.61	1.90	1.99	1.92	0.46	0.69	0.70	0.56	0.60
1 L - 14	8	17:15:00	48.19	19.07	1.22	2.64	1.92	2.00	1.95	0.47	0.70	0.71	0.57	0.61
1 L - 15	1	17:17:00	51.78	20.50	1.29	2.80	2.02	2.11	2.03	0.52	0.70	0.70	0.60	0.67
1 L - 15	2	17:18:00	51.78	20.50	1.29	2.82	2.03	2.12	2.07	0.52	0.75	0.75	0.65	0.67
1 L - 15	4	17:20:00	51.78	20.50	1.30	2.84	2.04	2.14	2.08	0.52	0.75	0.76	0.64	0.67
1 L - 15	8	17:24:00	51.78	20.50	1.32	2.87	2.07	2.16	2.10	0.54	0.77	0.78	0.66	0.69

**Sensores de compresión a medio nivel  
TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú**

Aumento de prueba de carga	Tiempo de espera (mins)	Tiempo (hh:mm:ss)	O-cell		Sensores de compresión de deformímetro nivel 2					Sensores de compresión de deformímetro nivel 3				
			Presión (MPa)	Carga (kN)	1A-1433326 (mm)	1B-1314999 (mm)	1C-1428890 (mm)	1D-1320360 (mm)	Promedio (mm)	2A-1422250 (mm)	2B-1333825 (mm)	2C-1333824 (mm)	2D-1422249 (mm)	Promedio (mm)
1 L - 16	1	17:26:30	55.23	21.89	1.39	3.03	2.16	2.26	2.21	0.58	0.82	0.81	0.69	0.72
1 L - 16	2	17:27:30	55.23	21.89	1.40	3.06	2.17	2.28	2.23	0.60	0.83	0.84	0.72	0.75
1 L - 16	4	17:29:30	55.23	21.89	1.41	3.08	2.19	2.30	2.25	0.61	0.85	0.85	0.72	0.76
1 L - 16	8	17:33:30	55.23	21.89	1.43	3.11	2.21	2.32	2.27	0.62	0.85	0.86	0.73	0.76
1 L - 17	1	17:36:00	58.67	23.27	1.49	3.25	2.29	2.42	2.36	0.64	0.89	0.89	0.77	0.80
1 L - 17	2	17:37:00	58.67	23.27	1.50	3.27	2.31	2.43	2.38	0.65	0.88	0.91	0.77	0.80
1 L - 17	4	17:39:00	58.67	23.27	1.51	3.30	2.32	2.45	2.40	0.66	0.90	0.90	0.77	0.81
1 L - 17	8	17:43:00	58.67	23.27	1.52	3.33	2.34	2.47	2.41	0.66	0.90	0.90	0.79	0.81
1 L - 18	1	17:45:30	62.05	24.62	1.59	3.48	2.42	2.56	2.51	0.69	0.94	0.94	0.82	0.85
1 L - 18	2	17:46:30	62.05	24.62	1.60	3.50	2.44	2.57	2.53	0.70	0.95	0.95	0.83	0.86
1 L - 18	4	17:48:30	62.05	24.62	1.61	3.52	2.45	2.59	2.54	0.71	0.96	0.97	0.85	0.87
1 L - 18	8	17:52:30	62.05	24.62	1.62	3.55	2.47	2.61	2.56	0.70	0.96	0.97	0.85	0.87
1 L - 19	1	17:55:00	65.43	25.98	1.68	3.68	2.54	2.70	2.65	0.72	0.99	1.00	0.85	0.89
1 L - 19	2	17:56:00	65.43	25.98	1.69	3.71	2.56	2.71	2.67	0.74	1.00	1.01	0.88	0.91
1 L - 19	4	17:58:00	65.43	25.98	1.70	3.73	2.57	2.73	2.68	0.74	0.99	1.01	0.87	0.90
1 L - 19	8	18:02:00	65.43	25.98	1.72	3.76	2.60	2.75	2.71	0.75	1.01	1.03	0.89	0.92
1 L - 20	1	18:05:00	68.95	27.39	1.79	3.91	2.68	2.85	2.80	0.78	1.05	1.05	0.92	0.95
1 L - 20	2	18:06:00	68.95	27.39	1.80	3.93	2.69	2.86	2.82	0.78	1.05	1.06	0.93	0.96
1 L - 20	4	18:08:00	68.95	27.39	1.81	3.96	2.71	2.88	2.84	0.79	1.06	1.07	0.93	0.96
1 L - 20	8	18:12:00	68.95	27.39	1.83	3.99	2.72	2.90	2.86	0.80	1.07	1.09	0.93	0.97
1 L - 21	1	18:15:00	72.40	28.77	1.89	4.14	2.81	2.99	2.96	0.83	1.12	1.12	0.98	1.01
1 L - 21	2	18:16:00	72.40	28.77	1.90	4.16	2.82	3.00	2.97	0.84	1.12	1.12	0.98	1.01
1 L - 21	4	18:18:00	72.40	28.77	1.91	4.19	2.83	3.02	2.99	0.85	1.12	1.13	0.99	1.02
1 L - 21	8	18:22:00	72.40	28.77	1.93	4.22	2.85	3.04	3.01	0.86	1.14	1.15	0.99	1.03
1 L - 22	1	18:25:00	75.84	30.15	2.00	4.36	2.93	3.12	3.10	0.89	1.18	1.19	1.03	1.07
1 L - 22	2	18:26:00	75.84	30.15	2.00	4.38	2.94	3.14	3.12	0.89	1.18	1.19	1.03	1.06
1 L - 22	4	18:28:00	75.84	30.15	2.02	4.41	2.96	3.15	3.13	0.90	1.19	1.20	1.03	1.08
1 L - 22	8	18:32:00	75.84	30.15	2.03	4.44	2.97	3.17	3.15	0.91	1.20	1.21	1.04	1.09
1 L - 23	1	18:35:30	79.15	31.48	2.10	4.58	3.05	3.26	3.25	0.94	1.23	1.25	1.08	1.13
1 L - 23	2	18:36:30	79.15	31.48	2.11	4.60	3.06	3.27	3.26	0.94	1.24	1.25	1.09	1.13
1 L - 23	4	18:38:30	79.15	31.48	2.12	4.62	3.07	3.28	3.28	0.95	1.25	1.26	1.09	1.14
1 L - 23	8	18:42:30	79.15	31.48	2.14	4.65	3.09	3.30	3.30	0.97	1.26	1.29	1.11	1.16
1 L - 24	1	18:46:00	82.53	32.83	2.21	4.81	3.18	3.40	3.40	1.01	1.30	1.34	1.14	1.20
1 L - 24	2	18:47:00	82.53	32.83	2.22	4.83	3.19	3.41	3.41	1.01	1.31	1.33	1.15	1.20
1 L - 24	4	18:49:00	82.53	32.83	2.23	4.85	3.20	3.42	3.42	1.02	1.32	1.34	1.15	1.21
1 L - 24	8	18:53:00	82.53	32.83	2.24	4.88	3.21	3.44	3.44	1.03	1.33	1.35	1.16	1.22
1 L - 25	1	18:56:00	86.05	34.24	2.31	5.03	3.30	3.53	3.54	1.06	1.36	1.39	1.21	1.25
1 L - 25	2	18:57:00	86.05	34.24	2.32	5.05	3.31	3.54	3.55	1.07	1.37	1.40	1.20	1.26
1 L - 25	4	18:59:00	86.05	34.24	2.33	5.07	3.32	3.55	3.57	1.08	1.38	1.41	1.20	1.27
1 L - 25	8	19:03:00	86.05	34.24	2.35	5.10	3.34	3.57	3.59	1.09	1.39	1.42	1.23	1.28
1 L - 26	1	19:06:00	89.36	35.57	2.41	5.24	3.42	3.66	3.68	1.12	1.43	1.45	1.26	1.31
1 L - 26	2	19:07:00	89.36	35.57	2.42	5.25	3.43	3.67	3.69	1.13	1.43	1.45	1.27	1.32
1 L - 26	4	19:09:00	89.36	35.57	2.43	5.28	3.44	3.68	3.71	1.14	1.44	1.47	1.27	1.33
1 L - 26	8	19:13:00	89.36	35.57	2.45	5.30	3.46	3.70	3.73	1.15	1.46	1.51	1.30	1.35
1 U - 1	1	19:15:30	71.77	28.52	2.43	5.30	3.39	3.65	3.69	1.14	1.44	1.52	1.28	1.35
1 U - 1	2	19:16:30	71.77	28.52	2.42	5.30	3.39	3.64	3.69	1.15	1.45	1.51	1.27	1.35
1 U - 1	3	19:17:30	71.77	28.52	2.42	5.30	3.39	3.64	3.69	1.14	1.45	1.51	1.27	1.34
1 U - 1	4	19:18:30	71.77	28.52	2.42	5.30	3.39	3.64	3.69	1.14	1.45	1.51	1.28	1.34
1 U - 2	1	19:20:30	53.99	21.39	2.29	5.21	3.22	3.46	3.55	1.10	1.39	1.43	1.22	1.29
1 U - 2	2	19:21:30	53.99	21.39	2.29	5.21	3.22	3.46	3.54	1.10	1.39	1.43	1.22	1.29
1 U - 2	3	19:22:30	53.99	21.39	2.29	5.21	3.22	3.45	3.54	1.10	1.39	1.43	1.22	1.28
1 U - 2	4	19:23:30	53.99	21.39	2.29	5.21	3.22	3.45	3.54	1.10	1.39	1.43	1.21	1.28
1 U - 3	1	19:26:00	36.13	14.23	2.09	4.76	2.92	3.16	3.23	1.04	1.29	1.34	1.14	1.20
1 U - 3	2	19:27:00	36.13	14.23	2.09	4.76	2.92	3.16	3.23	1.03	1.28	1.34	1.14	1.20
1 U - 3	3	19:28:00	36.13	14.23	2.09	4.76	2.92	3.15	3.23	1.03	1.29	1.34	1.14	1.20
1 U - 3	4	19:29:00	36.13	14.23	2.09	4.76	2.92	3.15	3.23	1.03	1.28	1.34	1.14	1.20
1 U - 4	1	19:31:00	18.48	7.16	1.73	4.03	2.43	2.61	2.70	0.93	1.13	1.18	1.00	1.06
1 U - 4	2	19:32:00	18.48	7.16	1.73	4.03	2.43	2.61	2.70	0.93	1.13	1.18	1.01	1.06
1 U - 4	3	19:33:00	18.48	7.16	1.73	4.03	2.42	2.61	2.70	0.93	1.13	1.18	1.00	1.06
1 U - 4	4	19:34:00	18.48	7.16	1.73	4.03	2.42	2.61	2.70	0.93	1.13	1.19	1.01	1.07
1 U - 5	1	19:36:00	0.00	0.00	1.13	2.63	1.57	1.64	1.74	0.75	0.80	0.84	0.64	0.76
1 U - 5	2	19:37:00	0.00	0.00	1.13	2.62	1.56	1.63	1.73	0.74	0.79	0.83	0.66	0.76
1 U - 5	4	19:39:00	0.00	0.00	1.12	2.61	1.54	1.62	1.72	0.74	0.79	0.80	0.64	0.74
1 U - 5	8	19:43:00	0.00	0.00	1.11	2.60	1.53	1.61	1.71	0.73	0.78	0.80	0.63	0.73

**Expansión de O-cell**  
**TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú**

Aumento de prueba de carga	Tiempo de espera (minutos)	Tiempo (hh:mm:ss)	O-cell		Expansión de O-cell				
			Presión (MPa)	Carga (MN)	A-1628470 (mm)	B-1628471 (mm)	C-1628472 (mm)	D-1628473 (mm)	Promedio (mm)
1L-0	-	14:29:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1L-1	1	14:59:00	3.65	1.22	0.96	0.92	0.72	0.93	0.89
1L-1	2	15:00:00	3.65	1.22	0.97	0.93	0.72	0.93	0.89
1L-1	4	15:02:00	3.65	1.22	0.98	0.93	0.73	0.93	0.89
1L-1	8	15:06:00	3.65	1.22	0.99	0.94	0.73	0.93	0.90
1L-2	1	15:09:30	7.24	2.65	1.33	1.22	0.98	1.30	1.21
1L-2	2	15:10:30	7.24	2.65	1.34	1.25	1.00	1.30	1.22
1L-2	4	15:12:30	7.24	2.65	1.37	1.27	1.03	1.30	1.24
1L-2	8	15:16:30	7.24	2.65	1.40	1.30	1.06	1.30	1.26
1L-3	1	15:22:30	10.76	4.06	2.55	2.44	2.27	2.70	2.49
1L-3	2	15:23:30	10.76	4.06	2.60	2.50	2.34	2.82	2.56
1L-3	4	15:25:30	10.76	4.06	2.66	2.56	2.40	2.82	2.61
1L-3	8	15:29:30	10.76	4.06	2.72	2.61	2.46	2.96	2.69
1L-4	1	15:32:30	14.00	5.36	3.74	3.54	3.46	3.93	3.67
1L-4	2	15:33:30	14.00	5.36	3.83	3.64	3.57	3.93	3.74
1L-4	4	15:35:30	14.00	5.36	3.92	3.74	3.67	3.93	3.82
1L-4	8	15:39:30	14.00	5.36	4.01	3.83	3.77	4.00	3.90
1L-5	1	15:42:30	17.31	6.69	5.20	4.97	4.93	5.25	5.09
1L-5	2	15:43:30	17.31	6.69	5.29	5.06	5.03	5.44	5.21
1L-5	4	15:45:30	17.31	6.69	5.39	5.16	5.14	5.45	5.28
1L-5	8	15:49:30	17.31	6.69	5.48	5.26	5.25	5.48	5.37
1L-6	1	15:52:00	20.62	8.01	6.61	6.40	6.45	6.64	6.53
1L-6	2	15:53:00	20.62	8.01	6.83	6.55	6.66	7.09	6.78
1L-6	4	15:55:00	20.62	8.01	7.00	6.71	6.84	7.30	6.96
1L-6	8	15:59:00	20.62	8.01	7.14	6.86	7.00	7.33	7.08
1L-7	1	16:01:30	24.06	9.40	8.29	7.94	8.13	8.38	8.18
1L-7	2	16:02:30	24.06	9.40	8.43	8.08	8.28	8.78	8.39
1L-7	4	16:04:30	24.06	9.40	8.57	8.23	8.44	8.79	8.51
1L-7	8	16:08:30	24.06	9.40	8.71	8.38	8.60	8.92	8.65
1L-8	1	16:11:30	27.51	10.78	9.85	9.63	9.77	10.13	9.84
1L-8	2	16:12:30	27.51	10.78	9.97	9.75	9.89	10.14	9.94
1L-8	4	16:14:30	27.51	10.78	10.12	9.92	10.05	10.28	10.09
1L-8	8	16:18:30	27.51	10.78	10.28	10.10	10.21	10.77	10.34
1L-9	1	16:21:00	30.96	12.16	11.39	11.23	11.30	11.62	11.38
1L-9	2	16:22:00	30.96	12.16	11.55	11.39	11.46	12.12	11.63
1L-9	4	16:24:00	30.96	12.16	11.76	11.57	11.65	12.27	11.81
1L-9	8	16:28:00	30.96	12.16	11.98	11.76	11.83	12.28	11.96
1L-10	1	16:31:00	34.41	13.54	13.01	12.82	12.85	13.60	13.07
1L-10	2	16:32:00	34.41	13.54	13.15	12.95	13.02	13.63	13.19
1L-10	4	16:34:00	34.41	13.54	13.32	13.11	13.22	13.71	13.34
1L-10	8	16:38:00	34.41	13.54	13.53	13.28	13.37	13.79	13.49
1L-11	1	16:40:00	37.78	14.90	14.34	14.12	14.16	14.89	14.38
1L-11	2	16:41:00	37.78	14.90	14.53	14.31	14.35	15.07	14.56
1L-11	4	16:43:00	37.78	14.90	14.77	14.53	14.57	15.53	14.85
1L-11	8	16:47:00	37.78	14.90	14.99	14.75	14.80	15.64	15.05
1L-12	1	16:49:30	41.30	16.30	16.00	15.74	15.78	16.91	16.10
1L-12	2	16:50:30	41.30	16.30	16.17	15.91	15.95	16.92	16.24
1L-12	4	16:52:30	41.30	16.30	16.40	16.12	16.16	17.03	16.43
1L-12	8	16:56:30	41.30	16.30	16.64	16.35	16.41	17.27	16.67
1L-13	1	16:59:00	44.75	17.69	17.40	17.12	17.16	18.15	17.46
1L-13	2	17:00:00	44.75	17.69	17.63	17.33	17.38	18.17	17.63
1L-13	4	17:02:00	44.75	17.69	17.92	17.58	17.64	18.59	17.93
1L-13	8	17:06:00	44.75	17.69	18.20	17.86	17.93	18.93	18.23
1L-14	1	17:08:00	48.19	19.07	18.99	18.67	18.73	19.61	19.00
1L-14	2	17:09:00	48.19	19.07	19.19	18.89	18.95	20.16	19.30
1L-14	4	17:11:00	48.19	19.07	19.48	19.16	19.24	20.38	19.57
1L-14	8	17:15:00	48.19	19.07	19.82	19.47	19.57	20.76	19.91
1L-15	1	17:17:00	51.78	20.50	20.60	20.39	20.50	21.62	20.78
1L-15	2	17:18:00	51.78	20.50	20.81	20.63	20.74	21.86	21.01
1L-15	4	17:20:00	51.78	20.50	21.09	20.91	21.04	22.11	21.29
1L-15	8	17:24:00	51.78	20.50	21.40	21.21	21.37	22.56	21.63

**Expansión de O-cell**  
**TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú**

Aumento de prueba de carga	Tiempo de espera (minutos)	Tiempo (hh:mm:ss)	O-cell		Expansión de O-cell				
			Presión (MPa)	Carga (MN)	A-1628470 (mm)	B-1628471 (mm)	C-1628472 (mm)	D-1628473 (mm)	Promedio (mm)
1 L - 16	1	17:26:30	55.23	21.89	22.26	22.08	22.24	23.67	22.56
1 L - 16	2	17:27:30	55.23	21.89	22.47	22.31	22.48	23.78	22.76
1 L - 16	4	17:29:30	55.23	21.89	22.76	22.60	22.78	23.97	23.03
1 L - 16	8	17:33:30	55.23	21.89	23.09	22.91	23.11	24.51	23.41
1 L - 17	1	17:36:00	58.67	23.27	23.97	23.76	23.96	25.24	24.23
1 L - 17	2	17:37:00	58.67	23.27	24.22	24.00	24.19	25.40	24.46
1 L - 17	4	17:39:00	58.67	23.27	24.51	24.29	24.51	25.85	24.79
1 L - 17	8	17:43:00	58.67	23.27	24.88	24.64	24.84	26.18	25.14
1 L - 18	1	17:45:30	62.05	24.62	25.67	25.46	25.68	27.05	25.96
1 L - 18	2	17:46:30	62.05	24.62	25.94	25.70	25.93	27.35	26.23
1 L - 18	4	17:48:30	62.05	24.62	26.26	26.01	26.23	27.43	26.48
1 L - 18	8	17:52:30	62.05	24.62	26.62	26.37	26.59	27.97	26.89
1 L - 19	1	17:55:00	65.43	25.98	27.34	27.12	27.34	28.79	27.65
1 L - 19	2	17:56:00	65.43	25.98	27.58	27.34	27.59	29.03	27.88
1 L - 19	4	17:58:00	65.43	25.98	27.85	27.64	27.91	29.25	28.17
1 L - 19	8	18:02:00	65.43	25.98	28.24	28.01	28.29	29.80	28.58
1 L - 20	1	18:05:00	68.95	27.39	29.16	28.89	29.14	30.58	29.44
1 L - 20	2	18:06:00	68.95	27.39	29.41	29.11	29.38	31.10	29.75
1 L - 20	4	18:08:00	68.95	27.39	29.65	29.41	29.69	31.27	30.01
1 L - 20	8	18:12:00	68.95	27.39	30.01	29.80	30.11	31.78	30.43
1 L - 21	1	18:15:00	72.40	28.77	30.98	30.67	30.96	32.81	31.35
1 L - 21	2	18:16:00	72.40	28.77	31.18	30.91	31.26	32.82	31.54
1 L - 21	4	18:18:00	72.40	28.77	31.43	31.24	31.53	33.35	31.89
1 L - 21	8	18:22:00	72.40	28.77	31.90	31.66	31.96	33.78	32.32
1 L - 22	1	18:25:00	75.84	30.15	32.89	32.52	32.84	34.43	33.17
1 L - 22	2	18:26:00	75.84	30.15	33.13	32.76	33.09	34.80	33.44
1 L - 22	4	18:28:00	75.84	30.15	33.54	33.10	33.42	34.91	33.74
1 L - 22	8	18:32:00	75.84	30.15	34.02	33.54	33.91	35.37	34.21
1 L - 23	1	18:35:30	79.15	31.48	34.79	34.51	34.88	36.86	35.26
1 L - 23	2	18:36:30	79.15	31.48	34.99	34.73	35.06	37.12	35.47
1 L - 23	4	18:38:30	79.15	31.48	35.33	35.05	35.43	37.38	35.80
1 L - 23	8	18:42:30	79.15	31.48	35.75	35.50	35.81	37.85	36.23
1 L - 24	1	18:46:00	82.53	32.83	36.93	36.57	36.88	38.68	37.27
1 L - 24	2	18:47:00	82.53	32.83	37.15	36.77	37.09	38.76	37.44
1 L - 24	4	18:49:00	82.53	32.83	37.44	37.09	37.49	39.62	37.91
1 L - 24	8	18:53:00	82.53	32.83	38.10	37.52	37.94	40.14	38.42
1 L - 25	1	18:56:00	86.05	34.24	39.09	38.53	38.98	41.19	39.45
1 L - 25	2	18:57:00	86.05	34.24	39.33	38.75	39.20	41.40	39.67
1 L - 25	4	18:59:00	86.05	34.24	39.65	39.07	39.59	41.87	40.05
1 L - 25	8	19:03:00	86.05	34.24	40.08	39.51	40.07	42.01	40.42
1 L - 26	1	19:06:00	89.36	35.57	41.01	40.41	40.99	42.97	41.35
1 L - 26	2	19:07:00	89.36	35.57	41.23	40.63	41.16	43.09	41.53
1 L - 26	4	19:09:00	89.36	35.57	41.60	40.96	41.61	43.12	41.82
1 L - 26	8	19:13:00	89.36	35.57	42.14	41.38	42.03	44.41	42.49
1 U - 1	1	19:15:30	71.77	28.52	41.86	41.06	42.16	44.41	42.37
1 U - 1	2	19:16:30	71.77	28.52	41.85	41.04	42.16	44.42	42.37
1 U - 1	3	19:17:30	71.77	28.52	41.84	41.04	42.15	44.42	42.36
1 U - 1	4	19:18:30	71.77	28.52	41.85	41.04	42.15	44.42	42.37
1 U - 2	1	19:20:30	53.99	21.39	40.96	40.23	41.30	43.12	41.40
1 U - 2	2	19:21:30	53.99	21.39	40.96	40.23	41.30	43.14	41.41
1 U - 2	3	19:22:30	53.99	21.39	40.97	40.23	41.30	43.13	41.41
1 U - 2	4	19:23:30	53.99	21.39	40.97	40.23	41.30	43.13	41.41
1 U - 3	1	19:26:00	36.13	14.23	39.73	39.07	40.19	42.08	40.27
1 U - 3	2	19:27:00	36.13	14.23	39.76	39.07	40.18	42.08	40.27
1 U - 3	3	19:28:00	36.13	14.23	39.73	39.06	40.18	42.08	40.26
1 U - 3	4	19:29:00	36.13	14.23	39.73	39.06	40.19	42.08	40.26
1 U - 4	1	19:31:00	18.48	7.16	37.93	37.29	38.53	40.24	38.50
1 U - 4	2	19:32:00	18.48	7.16	37.91	37.27	38.54	40.23	38.49
1 U - 4	3	19:33:00	18.48	7.16	37.91	37.27	38.54	40.23	38.49
1 U - 4	4	19:34:00	18.48	7.16	37.88	37.26	38.53	40.23	38.48
1 U - 5	1	19:36:00	0.00	0.00	33.46	33.10	34.15	35.15	33.96
1 U - 5	2	19:37:00	0.00	0.00	33.39	33.04	34.14	35.14	33.93
1 U - 5	4	19:39:00	0.00	0.00	33.34	32.98	34.05	35.14	33.88
1 U - 5	8	19:43:00	0.00	0.00	33.30	32.92	34.05	35.10	33.84

**Movimientos y fluencias de placa de O-cell (calculado)**  
**TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú**

Aumento de prueba de carga	Tiempo de espera (minutos)	Tiempo (hh:mm:ss)	O-cell			Movimiento de punta del pilote (mm)	Comp. Total (mm)	Movimiento ascendente (mm)	Expansión de O-cell (mm)	Movimiento descendente (mm)	Fluencia hacia arriba por espera (mm)	Fluencia hacia abajo por espera (mm)
			Presión (MPa)	Carga (MN)	Carga Neta (MN)							
1 L - 0	-	14:29:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
1 L - 1	1	14:59:00	3.65	1.22	0.00	-0.01	0.04	0.03	0.89	-0.86		
1 L - 1	2	15:00:00	3.65	1.22	0.00	-0.01	0.04	0.03	0.89	-0.86		
1 L - 1	4	15:02:00	3.65	1.22	0.00	-0.01	0.04	0.03	0.89	-0.86		
1 L - 1	8	15:06:00	3.65	1.22	0.00	0.01	0.05	0.06	0.90	-0.84	0.03	0.00
1 L - 2	1	15:09:30	7.24	2.65	0.94	-0.01	0.07	0.06	1.21	-1.15		
1 L - 2	2	15:10:30	7.24	2.65	0.94	-0.01	0.06	0.05	1.22	-1.17		
1 L - 2	4	15:12:30	7.24	2.65	0.94	-0.01	0.07	0.06	1.24	-1.18		
1 L - 2	8	15:16:30	7.24	2.65	0.94	0.00	0.08	0.08	1.26	-1.18	0.02	0.00
1 L - 3	1	15:22:30	10.76	4.06	2.35	-0.01	0.21	0.20	2.49	-2.29		
1 L - 3	2	15:23:30	10.76	4.06	2.35	0.00	0.22	0.22	2.56	-2.34		
1 L - 3	4	15:25:30	10.76	4.06	2.35	0.00	0.22	0.22	2.61	-2.39		
1 L - 3	8	15:29:30	10.76	4.06	2.35	0.00	0.23	0.23	2.69	-2.46	0.01	0.07
1 L - 4	1	15:32:30	14.00	5.36	3.65	0.00	0.34	0.34	3.67	-3.33		
1 L - 4	2	15:33:30	14.00	5.36	3.65	-0.01	0.35	0.34	3.74	-3.40		
1 L - 4	4	15:35:30	14.00	5.36	3.65	-0.01	0.36	0.35	3.82	-3.47		
1 L - 4	8	15:39:30	14.00	5.36	3.65	0.00	0.37	0.37	3.90	-3.53	0.02	0.06
1 L - 5	1	15:42:30	17.31	6.69	4.98	0.00	0.50	0.50	5.09	-4.59		
1 L - 5	2	15:43:30	17.31	6.69	4.98	0.01	0.51	0.52	5.21	-4.69		
1 L - 5	4	15:45:30	17.31	6.69	4.98	0.02	0.52	0.54	5.28	-4.74		
1 L - 5	8	15:49:30	17.31	6.69	4.98	0.03	0.52	0.55	5.37	-4.82	0.01	0.08
1 L - 6	1	15:52:00	20.62	8.01	6.30	0.03	0.65	0.68	6.53	-5.85		
1 L - 6	2	15:53:00	20.62	8.01	6.30	0.04	0.67	0.71	6.78	-6.07		
1 L - 6	4	15:55:00	20.62	8.01	6.30	0.05	0.68	0.73	6.96	-6.23		
1 L - 6	8	15:59:00	20.62	8.01	6.30	0.05	0.68	0.73	7.08	-6.35	0.00	0.12
1 L - 7	1	16:01:30	24.06	9.40	7.69	0.04	0.82	0.86	8.18	-7.32		
1 L - 7	2	16:02:30	24.06	9.40	7.69	0.03	0.83	0.86	8.39	-7.53		
1 L - 7	4	16:04:30	24.06	9.40	7.69	0.03	0.85	0.88	8.51	-7.63		
1 L - 7	8	16:08:30	24.06	9.40	7.69	0.03	0.86	0.89	8.65	-7.76	0.01	0.13
1 L - 8	1	16:11:30	27.51	10.78	9.07	0.03	0.98	1.01	9.84	-8.83		
1 L - 8	2	16:12:30	27.51	10.78	9.07	0.03	0.99	1.02	9.94	-8.92		
1 L - 8	4	16:14:30	27.51	10.78	9.07	0.04	1.00	1.04	10.09	-9.05		
1 L - 8	8	16:18:30	27.51	10.78	9.07	0.06	1.01	1.07	10.34	-9.27	0.03	0.22
1 L - 9	1	16:21:00	30.96	12.16	10.45	0.07	1.14	1.21	11.38	-10.17		
1 L - 9	2	16:22:00	30.96	12.16	10.45	0.09	1.16	1.25	11.63	-10.38		
1 L - 9	4	16:24:00	30.96	12.16	10.45	0.08	1.17	1.25	11.81	-10.56		
1 L - 9	8	16:28:00	30.96	12.16	10.45	0.08	1.19	1.27	11.96	-10.69	0.02	0.13
1 L - 10	1	16:31:00	34.41	13.54	11.83	0.05	1.31	1.36	13.07	-11.71		
1 L - 10	2	16:32:00	34.41	13.54	11.83	0.04	1.32	1.36	13.19	-11.83		
1 L - 10	4	16:34:00	34.41	13.54	11.83	0.06	1.34	1.40	13.34	-11.94		
1 L - 10	8	16:38:00	34.41	13.54	11.83	0.07	1.37	1.44	13.49	-12.05	0.04	0.11
1 L - 11	1	16:40:00	37.78	14.90	13.19	0.08	1.48	1.56	14.38	-12.82		
1 L - 11	2	16:41:00	37.78	14.90	13.19	0.05	1.50	1.55	14.56	-13.01		
1 L - 11	4	16:43:00	37.78	14.90	13.19	0.03	1.52	1.55	14.85	-13.30		
1 L - 11	8	16:47:00	37.78	14.90	13.19	0.01	1.53	1.54	15.05	-13.51	0.00	0.21
1 L - 12	1	16:49:30	41.30	16.30	14.59	0.01	1.66	1.67	16.10	-14.43		
1 L - 12	2	16:50:30	41.30	16.30	14.59	0.02	1.68	1.70	16.24	-14.54		
1 L - 12	4	16:52:30	41.30	16.30	14.59	0.02	1.69	1.71	16.43	-14.72		
1 L - 12	8	16:56:30	41.30	16.30	14.59	0.03	1.71	1.74	16.67	-14.93	0.03	0.21
1 L - 13	1	16:59:00	44.75	17.69	15.98	0.03	1.82	1.85	17.46	-15.61		
1 L - 13	2	17:00:00	44.75	17.69	15.98	0.03	1.83	1.86	17.63	-15.77		
1 L - 13	4	17:02:00	44.75	17.69	15.98	0.03	1.85	1.88	17.93	-16.05		
1 L - 13	8	17:06:00	44.75	17.69	15.98	0.02	1.87	1.89	18.23	-16.34	0.01	0.29
1 L - 14	1	17:08:00	48.19	19.07	17.36	0.03	1.98	2.01	19.00	-16.99		
1 L - 14	2	17:09:00	48.19	19.07	17.36	0.02	2.00	2.02	19.30	-17.28		
1 L - 14	4	17:11:00	48.19	19.07	17.36	0.01	2.02	2.03	19.57	-17.54		
1 L - 14	8	17:15:00	48.19	19.07	17.36	0.01	2.04	2.05	19.91	-17.86	0.02	0.32
1 L - 15	1	17:17:00	51.78	20.50	18.79	0.03	2.17	2.20	20.78	-18.58		
1 L - 15	2	17:18:00	51.78	20.50	18.79	0.06	2.18	2.24	21.01	-18.77		
1 L - 15	4	17:20:00	51.78	20.50	18.79	0.08	2.19	2.27	21.29	-19.02		
1 L - 15	8	17:24:00	51.78	20.50	18.79	0.09	2.22	2.31	21.63	-19.32	0.04	0.30

**Movimientos y fluencias de placa de O-cell (calculado)**  
**TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú**

Aumento de prueba de carga	Tiempo de espera (minutos)	Tiempo (hh:mm:ss)	O-cell			Movimiento de punta del pilote (mm)	Comp. Total (mm)	Movimiento ascendente (mm)	Expansión de O-cell (mm)	Movimiento descendente (mm)	Fluencia hacia arriba por espera (mm)	Fluencia hacia abajo por espera (mm)
			Presión (MPa)	Carga (MN)	Carga Neta (MN)							
1 L - 16	1	17:26:30	55.23	21.89	20.18	0.08	2.34	2.42	22.56	-20.14		
1 L - 16	2	17:27:30	55.23	21.89	20.18	0.10	2.35	2.45	22.76	-20.31		
1 L - 16	4	17:29:30	55.23	21.89	20.18	0.10	2.37	2.47	23.03	-20.56		
1 L - 16	8	17:33:30	55.23	21.89	20.18	0.12	2.39	2.51	23.41	-20.90	0.04	0.34
1 L - 17	1	17:36:00	58.67	23.27	21.56	0.11	2.50	2.61	24.23	-21.62		
1 L - 17	2	17:37:00	58.67	23.27	21.56	0.12	2.52	2.64	24.46	-21.82		
1 L - 17	4	17:39:00	58.67	23.27	21.56	0.13	2.54	2.67	24.79	-22.12		
1 L - 17	8	17:43:00	58.67	23.27	21.56	0.14	2.57	2.71	25.14	-22.43	0.04	0.31
1 L - 18	1	17:45:30	62.05	24.62	22.91	0.14	2.68	2.82	25.96	-23.14		
1 L - 18	2	17:46:30	62.05	24.62	22.91	0.15	2.69	2.84	26.23	-23.39		
1 L - 18	4	17:48:30	62.05	24.62	22.91	0.15	2.71	2.86	26.48	-23.62		
1 L - 18	8	17:52:30	62.05	24.62	22.91	0.15	2.73	2.88	26.89	-24.01	0.02	0.39
1 L - 19	1	17:55:00	65.43	25.98	24.27	0.15	2.84	2.99	27.65	-24.66		
1 L - 19	2	17:56:00	65.43	25.98	24.27	0.15	2.86	3.01	27.88	-24.87		
1 L - 19	4	17:58:00	65.43	25.98	24.27	0.16	2.87	3.03	28.17	-25.14		
1 L - 19	8	18:02:00	65.43	25.98	24.27	0.17	2.90	3.07	28.58	-25.51	0.04	0.37
1 L - 20	1	18:05:00	68.95	27.39	25.68	0.17	3.02	3.19	29.44	-26.25		
1 L - 20	2	18:06:00	68.95	27.39	25.68	0.17	3.03	3.20	29.75	-26.55		
1 L - 20	4	18:08:00	68.95	27.39	25.68	0.18	3.05	3.23	30.01	-26.79		
1 L - 20	8	18:12:00	68.95	27.39	25.68	0.19	3.08	3.27	30.43	-27.16	0.04	0.38
1 L - 21	1	18:15:00	72.40	28.77	27.06	0.20	3.19	3.39	31.35	-27.96		
1 L - 21	2	18:16:00	72.40	28.77	27.06	0.20	3.20	3.40	31.54	-28.14		
1 L - 21	4	18:18:00	72.40	28.77	27.06	0.20	3.22	3.42	31.89	-28.47		
1 L - 21	8	18:22:00	72.40	28.77	27.06	0.21	3.25	3.46	32.32	-28.86	0.04	0.39
1 L - 22	1	18:25:00	75.84	30.15	28.44	0.22	3.35	3.57	33.17	-29.60		
1 L - 22	2	18:26:00	75.84	30.15	28.44	0.21	3.37	3.58	33.44	-29.86		
1 L - 22	4	18:28:00	75.84	30.15	28.44	0.21	3.39	3.60	33.74	-30.14		
1 L - 22	8	18:32:00	75.84	30.15	28.44	0.22	3.41	3.63	34.21	-30.58	0.03	0.44
1 L - 23	1	18:35:30	79.15	31.48	29.77	0.24	3.52	3.76	35.26	-31.50		
1 L - 23	2	18:36:30	79.15	31.48	29.77	0.24	3.53	3.77	35.47	-31.70		
1 L - 23	4	18:38:30	79.15	31.48	29.77	0.24	3.55	3.79	35.80	-32.01		
1 L - 23	8	18:42:30	79.15	31.48	29.77	0.24	3.57	3.81	36.23	-32.42	0.02	0.41
1 L - 24	1	18:46:00	82.53	32.83	31.12	0.24	3.69	3.93	37.27	-33.34		
1 L - 24	2	18:47:00	82.53	32.83	31.12	0.24	3.70	3.94	37.44	-33.50		
1 L - 24	4	18:49:00	82.53	32.83	31.12	0.25	3.72	3.97	37.91	-33.94		
1 L - 24	8	18:53:00	82.53	32.83	31.12	0.25	3.73	3.98	38.42	-34.44	0.01	0.50
1 L - 25	1	18:56:00	86.05	34.24	32.53	0.26	3.85	4.11	39.45	-35.34		
1 L - 25	2	18:57:00	86.05	34.24	32.53	0.26	3.86	4.12	39.67	-35.55		
1 L - 25	4	18:59:00	86.05	34.24	32.53	0.26	3.88	4.14	40.05	-35.91		
1 L - 25	8	19:03:00	86.05	34.24	32.53	0.27	3.90	4.17	40.42	-36.25	0.03	0.34
1 L - 26	1	19:06:00	89.36	35.57	33.86	0.27	4.01	4.28	41.35	-37.07		
1 L - 26	2	19:07:00	89.36	35.57	33.86	0.27	4.02	4.29	41.53	-37.24		
1 L - 26	4	19:09:00	89.36	35.57	33.86	0.27	4.04	4.31	41.82	-37.51		
1 L - 26	8	19:13:00	89.36	35.57	33.86	0.27	4.06	4.33	42.49	-38.16	0.02	0.65
1 U - 1	1	19:15:30	71.77	28.52	26.81	0.27	4.04	4.31	42.37	-38.06		
1 U - 1	2	19:16:30	71.77	28.52	26.81	0.27	4.04	4.31	42.37	-38.06		
1 U - 1	3	19:17:30	71.77	28.52	26.81	0.27	4.03	4.30	42.36	-38.06		
1 U - 1	4	19:18:30	71.77	28.52	26.81	0.26	4.03	4.29	42.37	-38.08		
1 U - 2	1	19:20:30	53.99	21.39	19.68	0.26	3.88	4.14	41.40	-37.26		
1 U - 2	2	19:21:30	53.99	21.39	19.68	0.26	3.88	4.14	41.41	-37.27		
1 U - 2	3	19:22:30	53.99	21.39	19.68	0.26	3.88	4.14	41.41	-37.27		
1 U - 2	4	19:23:30	53.99	21.39	19.68	0.25	3.88	4.13	41.41	-37.28		
1 U - 3	1	19:26:00	36.13	14.23	12.52	0.25	3.51	3.76	40.27	-36.51		
1 U - 3	2	19:27:00	36.13	14.23	12.52	0.24	3.51	3.75	40.27	-36.52		
1 U - 3	3	19:28:00	36.13	14.23	12.52	0.23	3.51	3.74	40.26	-36.52		
1 U - 3	4	19:29:00	36.13	14.23	12.52	0.23	3.51	3.74	40.26	-36.52		
1 U - 4	1	19:31:00	18.48	7.16	5.45	0.22	2.93	3.15	38.50	-35.35		
1 U - 4	2	19:32:00	18.48	7.16	5.45	0.21	2.93	3.14	38.49	-35.35		
1 U - 4	3	19:33:00	18.48	7.16	5.45	0.22	2.93	3.15	38.49	-35.34		
1 U - 4	4	19:34:00	18.48	7.16	5.45	0.21	2.93	3.14	38.48	-35.34		
1 U - 5	1	19:36:00	0.00	0.00	0.00	0.19	1.86	2.05	33.96	-31.91		
1 U - 5	2	19:37:00	0.00	0.00	0.00	0.18	1.86	2.04	33.93	-31.89		
1 U - 5	4	19:39:00	0.00	0.00	0.00	0.18	1.85	2.03	33.88	-31.85		
1 U - 5	8	19:43:00	0.00	0.00	0.00	0.18	1.84	2.02	33.84	-31.82		

## Lecturas y cargas del deformímetro en el Nivel 1 y 2 TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú

Aumento de prueba de carga	Tiempo de espera (mins.)	Tiempo (hh:mm:ss)	O-cell		Deformímetro Nivel 1						Deformímetro Nivel 2					
			Presión (MPa)	Carga (MN)	1A-1631418	1B-1631419	1C-1631469	1D-1631470	Deformación Prom. (µ)	Carga (MN)	2A-1631472	2B-1631472	2C-1631473	2D-1631474	Deformación prom. (µ)	Carga (MN)
					(µ)	(µ)	(µ)	(µ)			(µ)	(µ)	(µ)	(µ)		
1 L - 0	-	14:29:30	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
1 L - 1	1	14:59:30	3.05	1.22	14.1	7.2	0.4	10.0	11.5	0.50	3.1	7.3	7.3	9.1	0.5	0.7
1 L - 1	2	15:00:30	3.65	1.22	14.2	7.6	8.6	16.3	11.7	0.68	9.3	8.1	7.3	9.0	8.5	0.72
1 L - 1	4	15:09:30	3.65	1.22	14.2	7.5	8.5	16.3	11.6	0.67	9.3	8.1	7.3	9.0	8.6	0.72
1 L - 1	8	15:06:30	3.65	1.22	14.4	7.5	8.5	16.4	11.7	0.58	9.4	8.2	8.2	9.1	8.6	0.72
1 L - 2	1	15:09:30	7.24	2.55	22.6	14.2	15.0	27.4	20.0	1.07	13.0	13.7	13.0	14.7	14.1	1.16
1 L - 2	2	15:10:30	7.24	2.55	23.1	14.6	15.8	27.7	20.3	1.70	15.1	14.0	13.3	15.2	14.5	1.2
1 L - 2	4	15:19:30	7.24	2.55	23.0	14.4	14.4	28.1	20.6	1.72	15.8	14.5	13.5	15.5	14.9	1.25
1 L - 2	8	15:16:30	7.24	2.55	23.4	15.2	16.8	28.4	21.0	1.76	16.3	13.0	14.2	16.2	15.4	1.29
1 L - 3	1	15:22:30	10.76	4.06	34.0	21.5	24.0	40.0	30.2	3.04	29.4	29.1	26.0	29.7	26.7	2.40
1 L - 3	2	15:23:30	10.76	4.06	34.0	22.3	24.7	44.3	36.5	3.06	29.5	29.5	27.0	30.1	26.0	2.43
1 L - 3	4	15:25:30	10.76	4.06	35.5	22.4	25.4	44.9	37.1	3.11	30.3	30.3	27.5	30.7	29.6	2.48
1 L - 3	8	15:29:30	10.76	4.06	35.6	23.2	25.7	45.4	37.5	3.14	30.3	30.4	28.0	31.4	30.1	2.52
1 L - 4	1	15:32:30	14.00	5.36	45.4	28.2	28.4	58.7	46.4	4.05	40.2	39.4	36.2	40.3	39.1	3.27
1 L - 4	2	15:33:30	14.00	5.36	46.6	28.2	28.2	59.3	49.8	4.08	41.0	40.0	36.7	41.1	39.7	3.33
1 L - 4	4	15:35:30	14.00	5.36	46.6	28.2	28.2	59.9	49.4	4.14	41.3	40.5	37.2	41.8	40.1	3.36
1 L - 4	8	15:39:30	14.00	5.36	46.6	28.2	28.2	60.4	49.8	4.17	42.0	41.1	37.9	42.4	40.8	3.42
1 L - 5	1	15:42:30	17.31	6.89	56.1	36.6	36.4	74.3	62.2	5.21	53.0	51.3	48.9	52.6	50.9	4.27
1 L - 5	2	15:43:30	17.31	6.89	56.6	37.5	39.0	74.8	62.7	5.26	53.2	51.8	47.2	53.1	51.3	4.30
1 L - 5	4	15:45:30	17.31	6.89	56.9	38.0	39.5	75.7	63.3	5.30	53.8	52.3	47.5	53.9	51.9	4.34
1 L - 5	8	15:49:30	17.31	6.89	60.6	38.6	40.0	76.6	63.9	5.38	54.7	52.8	48.2	54.4	52.5	4.40
1 L - 6	1	15:52:30	20.62	8.01	71.2	46.4	46.4	90.1	79.4	6.31	63.5	61.5	56.5	64.0	61.5	5.15
1 L - 6	2	15:53:30	20.62	8.01	70.7	46.4	46.4	90.9	78.7	6.43	64.9	63.0	57.7	65.4	62.7	5.25
1 L - 6	4	15:55:30	20.62	8.01	71.3	46.0	46.0	94.2	77.7	6.51	65.6	63.8	58.3	66.8	63.7	5.34
1 L - 6	8	15:59:30	20.62	8.01	71.5	46.6	46.6	95.3	78.6	6.58	66.1	64.5	59.3	67.4	64.5	5.40
1 L - 7	1	16:01:30	24.06	9.40	82.7	60.3	60.1	110.4	90.9	7.61	73.7	73.3	66.5	77.5	73.9	6.19
1 L - 7	2	16:02:30	24.06	9.40	83.4	60.7	60.8	111.3	91.5	7.67	75.5	74.4	69.1	78.3	74.6	6.25
1 L - 7	4	16:04:30	24.06	9.40	83.6	61.3	61.6	112.4	92.3	7.73	77.3	75.1	70.0	79.2	75.1	6.32
1 L - 7	8	16:08:30	24.06	9.40	84.6	61.5	62.5	113.1	93.0	7.79	79.5	79.3	70.9	80.1	76.4	6.40
1 L - 8	1	16:11:30	27.51	10.76	95.9	73.2	73.2	129.6	105.9	8.87	83.3	83.1	79.3	90.5	85.9	7.19
1 L - 8	2	16:12:30	27.51	10.76	96.4	73.6	73.6	130.2	106.4	8.92	83.7	83.7	80.3	91.1	86.4	7.24
1 L - 8	4	16:14:30	27.51	10.76	97.0	74.2	74.2	131.1	107.2	8.98	89.8	86.4	80.7	91.9	87.2	7.3
1 L - 8	8	16:18:30	27.51	10.76	97.7	75.0	75.0	132.4	108.0	9.05	91.7	87.0	81.7	92.9	86.1	7.38
1 L - 9	1	16:21:30	30.96	12.16	110.3	88.5	88.5	149.2	121.1	10.14	103.5	99.3	90.4	103.2	97.6	8.18
1 L - 9	2	16:22:30	30.96	12.16	111.0	89.0	89.0	150.2	121.9	10.21	104.3	99.9	91.4	104.1	98.4	8.25
1 L - 9	4	16:24:30	30.96	12.16	111.9	89.6	89.6	151.3	122.8	10.29	102.3	98.1	92.2	105.0	99.4	8.33
1 L - 9	8	16:28:30	30.96	12.16	112.8	90.7	90.7	152.5	123.9	10.38	103.3	99.0	93.4	106.3	100.5	8.42
1 L - 10	1	16:31:30	34.41	13.54	124.5	118.1	118.1	168.7	136.6	11.44	113.0	108.4	102.4	116.8	110.1	9.23
1 L - 10	2	16:32:30	34.41	13.54	125.0	119.0	119.0	169.7	137.4	11.51	113.9	109.0	103.0	117.4	110.6	9.28
1 L - 10	4	16:34:30	34.41	13.54	126.2	119.3	119.3	170.7	138.2	11.68	114.8	109.7	103.3	118.3	111.6	9.35
1 L - 10	8	16:38:30	34.41	13.54	126.7	120.1	120.1	172.0	139.1	11.85	115.9	110.5	104.7	119.4	112.7	9.44
1 L - 11	1	16:40:30	37.78	14.90	137.9	130.2	130.2	187.2	151.1	12.66	124.8	118.3	112.3	128.7	121.3	10.16
1 L - 11	2	16:41:30	37.78	14.90	138.7	130.0	130.0	188.5	152.0	12.73	125.0	119.3	113.0	129.0	122.0	10.24
1 L - 11	4	16:43:30	37.78	14.90	138.6	131.6	131.6	190.2	153.4	12.85	125.8	120.9	114.9	130.8	125.3	10.33
1 L - 11	8	16:47:30	37.78	14.90	140.7	132.6	132.6	191.8	154.6	12.95	127.9	122.0	116.2	132.2	126.6	10.44
1 L - 12	1	16:49:30	41.30	16.30	153.0	143.6	143.6	208.9	168.0	14.08	133.1	131.1	125.2	142.4	134.2	11.24
1 L - 12	2	16:50:30	41.30	16.30	153.9	144.3	144.3	210.2	169.0	14.16	133.7	131.5	126.1	143.4	135.0	11.3
1 L - 12	4	16:52:30	41.30	16.30	156.1	145.1	145.1	211.8	170.2	14.26	139.5	132.9	127.3	144.7	136.2	11.4
1 L - 12	8	16:56:30	41.30	16.30	156.0	146.2	146.2	213.5	171.6	14.37	141.1	133.3	128.7	146.2	137.5	11.52
1 L - 13	1	16:59:30	44.75	17.69	166.5	156.3	156.3	228.5	183.4	15.37	149.7	142.4	136.3	155.4	146.1	12.24
1 L - 13	2	17:00:30	44.75	17.69	167.6	157.2	157.2	229.7	184.0	15.46	150.7	143.0	137.7	156.4	147.0	12.32
1 L - 13	4	17:02:30	44.75	17.69	168.0	158.3	158.3	230.1	185.2	15.60	152.1	144.4	138.0	157.0	148.3	12.43
1 L - 13	8	17:06:30	44.75	17.69	170.4	159.5	159.5	234.1	187.8	15.73	153.5	145.8	140.3	159.5	149.8	12.56
1 L - 14	1	17:08:30	48.19	19.07	181.8	170.2	170.2	250.0	203.5	16.80	162.5	154.5	148.4	168.6	158.6	13.28
1 L - 14	2	17:09:30	48.19	19.07	182.0	171.1	171.1	251.7	204.9	16.91	163.5	155.5	149.3	169.0	159.0	13.37
1 L - 14	4	17:11:30	48.19	19.07	184.3	172.7	172.7	254.2	208.8	17.07	165.2	156.0	150.3	171.4	161.1	13.40
1 L - 14	8	17:15:30	48.19	19.07	185.6	174.1	174.1	256.2	208.4	17.21	168.7	158.3	152.4	172.8	162.6	13.52
1 L - 15	1	17:17:30	51.78	20.50	198.4	185.5	185.5	273.6	219.1	18.35	175.8	167.5	161.3	182.3	172.0	14.4
1 L - 15	2	17:18:30	51.78	20.50	199.0	186.3	186.3	275.1	220.2	18.44	177.4	168.5	162.2	183.4	172.9	14.48
1 L - 15	4	17:20:30	51.78	20.50	200.0	187.5	187.5	277.3	221.8	18.58	179.0	169.5	163.5	184.6	174.2	14.50
1 L - 15	8	17:24:30	51.78	20.50	201.0	189.1	189.1	280.0	223.6	18.73	180.0	171.0	164.9	186.9	175.6	14.7

### Lecturas y cargas del deformímetro en el Nivel 1 y 2 TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú

Aumento de prueba de carga	Tiempo de espera (min.)	Tiempo (hh:mm:ss)	O-cell		Deformímetro Nivel 1					Deformímetro Nivel 2						
			Presión (MPa)	Carga (kN)	1A-1631418 (µ)	1B-1631419 (µ)	1C-1631469 (µ)	1D-1631470 (µ)	Deformación Prom. (µ)	Carga (kN)	2A-1631471 (µ)	2B-1631472 (µ)	2C-1631473 (µ)	2D-1631474 (µ)	Deformación prom. (µ)	Carga (kN)
1L-16	1	17:26:30	55.23	21.89	213.9	200.3	237.9	297.2	237.3	19.83	189.7	180.7	173.9	196.0	185.1	15.51
1L-16	2	17:27:30	55.23	21.89	214.7	201.1	239.8	299.0	238.7	19.99	190.8	181.8	174.9	196.9	186.1	15.59
1L-16	4	17:29:30	56.23	21.89	216.3	202.3	241.6	301.2	240.4	20.11	192.2	182.9	176.3	198.4	187.5	15.70
1L-16	8	17:33:30	55.23	21.89	217.4	203.7	244.0	304.1	242.3	20.33	193.4	184.1	177.8	199.8	188.8	15.81
1L-17	1	17:36:00	58.67	23.27	220.0	215.8	257.9	321.7	256.3	21.47	202.8	193.3	188.3	209.2	197.9	16.58
1L-17	2	17:37:00	58.67	23.27	221.0	216.8	259.4	323.0	257.7	21.59	204.3	194.3	187.3	210.2	199.0	16.67
1L-17	4	17:39:00	58.67	23.27	222.3	218.3	261.9	326.2	259.7	21.73	205.5	195.5	188.5	211.5	200.3	16.78
1L-17	8	17:43:00	58.67	23.27	223.8	219.9	264.5	329.2	261.9	21.94	206.8	196.8	190.1	213.0	201.7	16.90
1L-18	1	17:45:30	52.05	24.62	245.7	231.8	279.0	347.2	275.9	23.12	216.2	205.9	198.8	223.2	216.8	17.06
1L-18	2	17:46:30	52.05	24.62	246.8	232.8	280.5	349.2	277.3	23.23	217.1	206.8	199.5	224.7	217.7	17.13
1L-18	4	17:48:30	52.05	24.62	248.4	234.4	283.0	352.2	279.5	23.41	218.6	208.1	200.7	226.7	219.0	17.85
1L-18	8	17:52:30	52.05	24.62	250.0	235.9	285.7	355.6	281.8	23.61	220.0	209.8	202.3	228.3	221.6	17.98
1L-19	1	17:55:00	35.43	25.98	261.8	247.9	299.6	372.6	295.6	24.73	229.0	218.9	210.5	235.5	223.5	18.72
1L-19	2	17:56:00	35.43	25.98	263.0	249.5	301.4	375.4	297.3	24.91	230.4	219.9	211.7	236.7	224.7	18.82
1L-19	4	17:58:00	35.43	25.98	264.7	251.5	304.5	379.3	300.0	25.13	231.6	221.3	213.2	238.2	228.1	18.94
1L-19	8	18:02:00	35.43	25.98	266.5	253.7	308.1	384.0	303.1	25.39	233.4	223.1	214.7	239.8	237.0	19.07
1L-20	1	18:05:00	38.95	27.39	279.3	266.5	323.5	405.2	318.6	26.69	243.2	232.9	223.2	249.3	237.2	19.87
1L-20	2	18:06:00	38.95	27.39	280.1	267.5	325.6	408.4	320.4	26.84	244.5	233.8	224.2	250.3	238.2	19.96
1L-20	4	18:08:00	38.95	27.39	281.5	268.9	327.9	413.2	322.9	27.03	246.0	235.2	225.7	251.9	239.6	20.07
1L-20	8	18:12:00	38.95	27.39	283.4	271.1	331.4	420.7	326.6	27.33	247.8	236.9	227.2	253.1	241.3	20.21
1L-21	1	18:15:00	72.43	28.77	295.6	283.0	346.3	444.4	342.3	28.63	257.3	246.5	236.6	262.2	250.4	20.98
1L-21	2	18:16:00	72.43	28.77	296.9	284.3	348.0	446.7	344.3	28.89	258.7	247.6	238.0	263.4	251.6	21.08
1L-21	4	18:18:00	72.43	28.77	298.1	285.5	350.8	451.3	347.2	29.09	259.9	248.9	239.3	264.6	252.8	21.18
1L-21	8	18:22:00	72.43	28.77	299.8	287.7	354.5	461.5	351.0	29.43	261.8	250.9	239.7	266.4	254.7	21.34
1L-22	1	18:25:00	75.84	30.15	311.4	299.7	368.6	485.1	368.2	30.63	271.1	260.4	248.2	275.4	263.8	22.10
1L-22	2	18:26:00	75.84	30.15	312.0	301.2	370.4	486.6	369.0	30.83	272.2	261.4	249.3	276.4	264.8	22.19
1L-22	4	18:28:00	75.84	30.15	313.6	302.8	372.9	493.6	370.7	31.03	273.5	262.7	250.6	277.7	266.1	22.29
1L-22	8	18:32:00	75.84	30.15	315.4	305.1	376.4	501.3	374.6	31.33	275.5	264.7	252.5	279.6	268.1	22.46
1L-23	1	18:35:30	79.15	31.48	327.4	317.8	391.9	520.0	390.7	32.73	285.5	274.1	261.1	286.0	277.3	23.23
1L-23	2	18:36:30	79.15	31.48	328.0	318.6	393.4	528.6	392.2	32.83	286.1	275.0	262.0	286.9	278.1	23.30
1L-23	4	18:38:30	79.15	31.48	329.0	319.8	396.1	533.4	394.6	33.03	287.7	276.2	263.0	290.7	279.4	23.41
1L-23	8	18:42:30	79.15	31.48	331.2	322.3	399.8	540.8	398.4	33.39	289.4	278.0	264.7	293.3	281.1	23.55
1L-24	1	18:46:00	32.53	32.83	344.1	335.6	415.8	565.7	415.3	34.79	299.5	288.2	273.8	302.3	289.9	24.37
1L-24	2	18:47:00	32.53	32.83	344.9	336.5	417.6	568.8	416.9	34.93	300.2	289.1	274.6	303.0	291.7	24.44
1L-24	4	18:49:00	32.53	32.83	345.9	337.7	419.8	574.3	419.4	35.14	301.5	290.2	275.7	304.0	292.8	24.53
1L-24	8	18:53:00	32.53	32.83	347.9	339.5	423.1	581.1	422.9	35.43	303.0	291.8	277.0	305.5	294.3	24.66
1L-25	1	18:56:00	36.05	34.24	361.0	352.7	440.1	606.6	440.2	36.67	313.2	302.4	286.5	315.3	304.4	25.50
1L-25	2	18:57:00	36.05	34.24	361.6	353.7	441.9	609.5	441.8	37.01	314.2	303.2	286.9	316.2	305.1	25.56
1L-25	4	18:59:00	36.05	34.24	362.5	354.9	444.5	614.5	444.1	37.29	315.3	304.4	288.1	317.1	306.2	25.66
1L-25	8	19:03:00	36.05	34.24	364.2	356.7	448.5	622.0	447.8	37.52	316.9	306.0	288.6	318.4	307.7	25.78
1L-26	1	19:06:00	39.33	35.57	376.9	370.0	465.1	647.2	464.8	38.94	327.1	315.9	297.8	327.1	317.0	26.58
1L-26	2	19:07:00	39.33	35.57	377.7	370.8	466.8	649.5	466.3	39.09	327.9	316.6	298.5	328.0	317.7	26.62
1L-26	4	19:09:00	39.33	35.57	378.8	372.1	470.3	655.7	469.2	39.31	329.1	317.9	299.5	329.1	318.9	26.72
1L-26	8	19:13:00	39.33	35.57	380.1	373.8	474.7	664.3	473.2	39.64	331.1	319.8	301.1	330.3	320.6	26.86
1U-1	1	19:15:30	71.77	28.52	341.3	338.3	441.3	620.9	435.0	38.44	311.0	300.5	284.9	312.3	302.1	25.31
1U-1	2	19:16:30	71.77	28.52	341.1	338.0	441.1	620.6	434.7	38.42	310.9	300.2	284.4	312.1	301.9	25.29
1U-1	3	19:17:30	71.77	28.52	341.1	335.7	440.7	620.3	434.4	38.40	310.8	300.2	284.2	312.0	301.8	25.28
1U-1	4	19:18:30	71.77	28.52	340.7	335.6	440.6	620.1	434.3	38.33	310.6	300.0	284.1	311.9	301.7	25.27
1U-2	1	19:20:30	53.99	21.39	268.5	262.7	391.9	555.0	379.8	31.62	279.7	269.6	257.6	282.3	272.3	22.61
1U-2	2	19:21:30	53.99	21.39	268.4	262.3	391.7	555.6	379.5	31.79	279.6	269.3	257.4	282.3	272.1	22.60
1U-2	3	19:22:30	53.99	21.39	268.3	262.2	391.3	555.3	379.3	31.73	279.4	269.2	257.5	282.1	272.0	22.59
1U-2	4	19:23:30	53.99	21.39	268.2	262.2	391.4	555.3	379.2	31.77	279.5	269.2	257.4	282.1	272.1	22.60
1U-3	1	19:26:00	36.13	14.23	223.7	219.3	327.6	467.1	309.4	25.92	235.2	225.1	220.9	241.3	230.6	19.32
1U-3	2	19:27:00	36.13	14.23	223.5	219.0	327.3	466.6	309.1	25.89	235.0	224.8	220.9	241.2	230.5	19.31
1U-3	3	19:28:00	36.13	14.23	223.0	218.9	327.0	466.2	308.8	25.87	234.8	224.7	220.7	241.1	230.3	19.30
1U-3	4	19:29:00	36.13	14.23	223.2	218.9	326.9	466.0	308.7	25.83	234.9	224.5	220.5	241.0	230.2	19.29
1U-4	1	19:31:00	18.43	7.16	146.4	146.7	242.4	342.2	219.7	18.41	174.7	164.6	169.4	185.5	173.0	14.50
1U-4	2	19:32:00	18.43	7.16	145.3	146.4	242.1	342.3	219.0	18.35	174.2	164.3	169.1	185.4	172.8	14.47
1U-4	3	19:33:00	18.43	7.16	145.6	146.3	241.6	341.8	218.8	18.39	173.8	164.0	168.8	185.1	172.4	14.46
1U-4	4	19:34:00	18.43	7.16	144.9	146.2	241.3	341.4	218.4	18.33	173.6	163.9	168.7	185.0	172.3	14.44
1U-5	1	19:36:00	0.00	0.00	54.7	61.9	109.1	155.6	95.4	7.99	86.9	77.6	87.4	94.4	86.6	7.25
1U-5	2	19:37:00	0.00	0.00	53.4	60.1	107.0	153.1	93.4	7.83	85.8	76.6	86.8	93.5	85.7	7.18
1U-5	4	19:39:00	0.00	0.00	52.2	59.4	105.2	150.5	91.8	7.69	84.2	75.6	85.9	92.4	84.5	7.08
1U-5	8	19:43:00	0.00	0.00	51.2	58.4	103.1	147.4	90.0	7.54	83.6	74.9	84.6	91.1	83.5	7.00

**Lecturas y cargas del deformímetro en el Nivel 3 y 4  
TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú**

Aumento de prueba de carga	Tiempo de espera (min.)	Tiempo (H:MM:SS)	O-cell		Deformímetro Nivel 3						Deformímetro Nivel 4					
			Presión (MPa)	Carga (MN)	3A-1631475 (µ)	3B-1631476 (µ)	3C-1631477 (µ)	3D-1631478 (µ)	Deformación Prom. (µ)	Carga (MN)	4A-1631479 (µ)	4B-1631480 (µ)	4C-1631481 (µ)	4D-1631482 (µ)	Deformación prom. (µ)	Carga (MN)
1 L - 0	-	14:29:00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
1 L - 1	1	14:59:00	3.65	1.22	3.3	2.8	3.0	2.2	2.8	0.24	0.2	0.3	0.2	0.0	0.2	0.01
1 L - 1	2	15:00:00	3.65	1.22	3.2	3.0	2.9	2.4	2.6	0.24	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.02
1 L - 1	4	15:02:00	3.65	1.22	3.0	2.8	2.9	2.4	2.6	0.24	0.2	0.0	0.1	0.3	0.1	0.01
1 L - 1	8	15:06:00	3.65	1.22	3.2	2.8	2.9	2.5	2.9	0.24	0.1	-0.1	0.1	0.2	0.1	0.01
1 L - 2	1	15:09:00	7.24	2.45	5.0	4.8	4.6	4.1	4.6	0.39	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	0.02
1 L - 2	2	15:10:00	7.24	2.65	5.1	4.8	4.6	4.2	4.7	0.59	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.01
1 L - 2	4	15:12:00	7.24	2.65	5.4	4.9	4.8	4.4	4.9	0.41	0.2	0.0	0.3	0.0	0.1	0.01
1 L - 2	8	15:16:00	7.24	2.65	5.6	5.2	5.1	4.6	5.1	0.43	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.02
1 L - 3	1	15:22:00	10.78	4.06	10.5	10.1	9.0	9.4	9.6	0.62	0.5	0.7	0.6	0.3	0.5	0.04
1 L - 3	2	15:23:00	10.78	4.06	10.7	10.3	9.2	9.7	10.0	0.64	0.7	0.8	0.6	0.7	0.7	0.05
1 L - 3	4	15:25:00	10.78	4.06	10.9	10.6	9.4	9.9	10.2	0.65	0.5	0.8	0.5	0.7	0.6	0.05
1 L - 3	8	15:29:00	10.78	4.06	11.1	10.7	9.7	9.9	10.4	0.67	0.5	0.5	0.6	0.4	0.5	0.04
1 L - 4	1	15:32:00	-4.00	5.36	15.0	14.5	12.9	13.8	13.9	1.16	0.8	1.0	0.8	0.5	0.8	0.07
1 L - 4	2	15:33:00	-4.00	5.36	15.3	14.7	12.7	14.0	14.2	1.19	0.8	0.7	0.8	0.5	0.7	0.03
1 L - 4	4	15:35:00	-4.00	5.36	15.5	15.0	13.9	14.2	14.5	1.21	0.6	0.9	0.9	0.5	0.7	0.05
1 L - 4	8	15:39:00	-4.00	5.36	15.7	15.4	13.1	14.7	14.7	1.23	0.6	0.9	0.8	0.5	0.7	0.05
1 L - 5	1	15:42:00	17.31	6.69	20.3	20.3	16.5	19.5	19.1	1.60	0.8	1.1	1.0	0.8	0.9	0.03
1 L - 5	2	15:43:00	17.31	6.69	20.6	20.7	16.6	19.7	19.4	1.62	0.9	1.2	1.3	0.7	1.0	0.03
1 L - 5	4	15:45:00	17.31	6.69	20.5	21.0	16.9	19.8	19.5	1.64	0.9	1.1	1.2	1.0	1.1	0.03
1 L - 5	8	15:49:00	17.31	6.69	20.8	21.3	17.0	20.6	19.9	1.67	0.8	1.2	1.0	0.9	1.0	0.03
1 L - 6	1	15:52:00	20.62	8.11	25.1	26.0	20.9	25.0	24.2	2.03	1.1	1.4	1.4	1.1	1.2	0.10
1 L - 6	2	15:53:00	20.62	8.11	25.8	26.6	21.4	25.6	24.9	2.08	1.3	1.5	1.3	1.0	1.3	0.11
1 L - 6	4	15:55:00	20.62	8.11	26.4	27.2	21.7	26.4	25.4	2.13	1.3	1.5	1.4	1.2	1.3	0.11
1 L - 6	8	15:59:00	20.62	8.11	26.8	27.4	22.1	26.6	25.7	2.16	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	0.12
1 L - 7	1	16:01:00	24.06	9.40	31.3	32.7	26.2	32.0	30.5	2.66	1.5	1.8	1.7	1.5	1.6	0.14
1 L - 7	2	16:02:00	24.06	9.40	31.7	32.9	26.8	32.4	30.9	2.69	1.6	1.7	1.9	1.9	1.7	0.13
1 L - 7	4	16:04:00	24.06	9.40	31.9	33.5	27.2	33.1	31.4	2.63	1.6	1.6	1.8	1.5	1.6	0.13
1 L - 7	8	16:08:00	24.06	9.40	32.6	34.2	27.9	33.6	32.1	2.69	1.7	1.6	1.9	1.7	1.8	0.13
1 L - 8	1	16:11:00	27.51	10.78	37.1	39.4	30.1	38.8	36.8	3.09	1.9	2.0	2.3	2.0	2.1	0.17
1 L - 8	2	16:12:00	27.51	10.78	37.6	39.7	32.4	39.1	37.2	3.12	2.0	2.1	2.2	2.2	2.1	0.13
1 L - 8	4	16:14:00	27.51	10.78	37.9	40.1	32.7	39.7	37.6	3.15	1.9	2.1	2.3	2.1	2.1	0.13
1 L - 8	8	16:19:00	27.51	10.78	38.3	40.5	33.1	40.1	38.0	3.18	1.9	2.3	2.4	2.3	2.2	0.13
1 L - 9	1	16:21:00	30.96	12.16	43.7	45.6	37.8	45.2	43.0	3.60	2.3	2.4	2.6	2.6	2.5	0.21
1 L - 9	2	16:22:00	30.96	12.16	44.0	46.0	38.1	45.7	43.5	3.64	2.3	2.5	2.5	2.5	2.5	0.21
1 L - 9	4	16:24:00	30.96	12.16	44.8	46.7	38.7	46.5	44.2	3.70	2.3	2.6	2.6	2.6	2.6	0.21
1 L - 9	8	16:29:00	30.96	12.16	45.3	47.3	39.3	47.2	44.6	3.75	2.5	2.6	2.7	2.5	2.6	0.22
1 L - 10	1	16:31:00	34.41	13.54	50.2	52.2	44.2	52.3	49.7	4.17	2.7	2.9	3.1	2.9	2.9	0.24
1 L - 10	2	16:32:00	34.41	13.54	50.6	52.7	44.6	52.7	50.1	4.20	2.7	2.9	3.1	2.7	2.9	0.24
1 L - 10	4	16:34:00	34.41	13.54	51.1	53.2	45.2	53.5	50.7	4.25	2.7	3.0	3.1	3.0	3.0	0.25
1 L - 10	8	16:38:00	34.41	13.54	51.8	53.9	45.6	53.9	51.3	4.30	2.8	2.9	3.2	3.2	3.0	0.25
1 L - 11	1	16:40:00	37.78	14.60	56.9	58.3	49.9	58.7	56.7	4.67	3.1	3.4	3.4	3.3	3.3	0.28
1 L - 11	2	16:41:00	37.78	14.60	56.5	59.0	50.5	59.5	56.4	4.72	3.2	3.0	3.7	3.3	3.3	0.28
1 L - 11	4	16:43:00	37.78	14.60	57.2	59.6	51.2	60.3	57.1	4.78	3.3	3.6	3.6	3.5	3.5	0.31
1 L - 11	8	16:47:00	37.78	14.60	57.9	60.6	51.9	61.0	57.9	4.85	3.3	3.6	3.7	3.4	3.6	0.30
1 L - 12	1	16:49:00	41.30	16.30	62.8	66.0	56.7	67.0	63.1	5.29	3.7	3.9	4.3	3.6	3.9	0.32
1 L - 12	2	16:50:00	41.30	16.30	63.3	66.6	57.2	67.6	63.7	5.33	3.8	3.9	4.4	4.0	4.0	0.34
1 L - 12	4	16:52:00	41.30	16.30	63.9	67.4	58.0	68.3	64.4	5.40	3.7	4.0	4.4	4.0	4.0	0.34
1 L - 12	8	16:56:00	41.30	16.30	64.6	67.9	58.7	69.1	65.1	5.46	3.9	4.1	4.3	4.1	4.1	0.35
1 L - 13	1	16:59:00	44.75	17.69	68.9	72.7	62.7	73.7	69.3	5.82	4.3	4.7	4.8	4.5	4.6	0.35
1 L - 13	2	17:00:00	44.75	17.69	69.5	73.6	63.5	74.6	70.5	5.89	4.3	4.7	4.9	4.5	4.6	0.34
1 L - 13	4	17:02:00	44.75	17.69	70.4	74.3	64.3	75.4	71.1	5.96	4.4	4.7	5.0	4.6	4.6	0.40
1 L - 13	8	17:06:00	44.75	17.69	71.4	75.6	65.1	76.4	72.1	6.04	4.4	4.7	5.1	4.4	4.7	0.33
1 L - 14	1	17:08:00	48.19	19.07	75.8	80.4	69.3	81.3	76.7	6.42	5.0	5.3	5.5	5.4	5.3	0.44
1 L - 14	2	17:09:00	48.19	19.07	76.4	81.0	70.1	81.7	77.3	6.47	4.9	5.2	5.5	5.0	5.1	0.43
1 L - 14	4	17:11:00	48.19	19.07	77.3	82.0	70.9	82.8	78.3	6.56	5.0	5.2	5.6	5.6	5.4	0.45
1 L - 14	8	17:15:00	48.19	19.07	78.4	83.1	71.9	83.9	79.3	6.65	5.1	5.5	5.7	5.8	5.5	0.45
1 L - 15	1	17:17:00	51.78	20.50	83.5	88.0	76.8	89.1	84.5	7.07	5.6	5.7	6.1	6.1	5.9	0.43
1 L - 15	2	17:18:00	51.78	20.50	84.4	88.8	77.4	89.8	85.1	7.13	5.6	6.1	6.2	6.2	6.0	0.50
1 L - 15	4	17:20:00	51.78	20.50	85.3	89.7	78.2	90.8	86.0	7.20	5.8	5.9	6.3	6.3	6.1	0.51
1 L - 15	8	17:24:00	51.78	20.50	86.3	90.6	79.1	92.0	87.0	7.29	5.8	6.4	6.4	6.1	6.1	0.51

## Lecturas y cargas del deformímetro en el Nivel 3 y 4 TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú

Aumento de prueba de carga	Tiempo de espera (min.)	Tiempo (H:mm:ss)	O-cell		Deformímetro Nivel 3						Deformímetro Nivel 4					
			Presión (MPa)	Carga (MN)	3A-1631475 (µ)	3B-1631476 (µ)	3C-1631477 (µ)	3D-1631478 (µ)	Deformación Prom. (µ)	Carga (MN)	4A-1631487 (µ)	4B-1631480 (µ)	4C-1631481 (µ)	4D-1631482 (µ)	Deformación prom. (µ)	Carga (MN)
1 L -16	1	17:26:30	55.23	21.89	91.2	95.5	84.5	97.0	92.1	7.71	6.3	6.5	6.9	6.6	6.3	0.55
1 L -16	2	17:27:30	55.23	21.89	91.8	96.3	85.1	97.9	92.8	7.78	6.3	6.7	7.0	6.6	6.7	0.56
1 L -16	4	17:29:30	55.23	21.89	92.7	97.1	85.9	98.9	93.7	7.85	6.4	7.1	7.0	6.8	6.5	0.57
1 L -16	8	17:33:30	55.23	21.89	93.0	98.2	86.9	100.2	94.8	7.94	6.6	6.8	7.1	6.9	6.5	0.57
1 L -17	1	17:36:00	58.67	23.27	98.5	103.5	91.4	105.5	99.7	8.35	6.9	7.6	7.7	7.2	7.3	0.62
1 L -17	2	17:37:00	58.67	23.27	99.2	104.3	92.5	106.7	100.7	8.43	7.0	7.5	7.8	7.4	7.4	0.62
1 L -17	4	17:39:00	58.67	23.27	99.9	105.2	93.2	107.5	101.4	8.50	7.1	7.8	7.8	7.3	7.5	0.63
1 L -17	8	17:43:00	58.67	23.27	100.9	106.4	94.2	108.7	102.6	8.59	7.3	7.7	8.0	7.6	7.9	0.64
1 L -18	1	17:46:30	62.05	24.62	106.7	111.6	98.8	114.1	107.6	9.01	7.6	8.3	8.6	8.0	8.1	0.68
1 L -18	2	17:48:30	62.05	24.62	106.5	112.0	99.5	114.8	103.2	9.06	7.8	8.5	8.6	8.2	8.3	0.69
1 L -18	4	17:48:30	62.05	24.62	107.1	113.3	100.3	115.9	109.2	9.14	7.8	8.4	8.7	8.2	8.3	0.69
1 L -18	8	17:52:30	62.05	24.62	108.2	114.6	101.5	117.2	110.4	9.25	7.9	8.7	9.0	8.6	8.5	0.72
1 L -19	1	17:53:00	65.43	25.98	113.2	119.5	105.7	122.2	113.1	9.65	8.0	9.2	9.4	8.9	9.0	0.76
1 L -19	2	17:56:00	65.43	25.98	113.9	120.4	106.4	123.0	115.9	9.71	8.0	9.0	9.6	8.8	9.0	0.76
1 L -19	4	17:58:00	65.43	25.98	115.0	121.2	107.5	124.1	119.9	9.80	8.7	9.6	9.7	9.1	9.3	0.78
1 L -19	8	18:02:00	65.43	25.98	116.1	122.6	108.6	125.4	113.2	9.90	8.8	9.8	9.9	9.3	9.4	0.79
1 L -20	1	18:05:00	68.95	27.39	121.6	128.1	113.3	130.6	123.4	10.34	9.4	10.2	10.4	9.9	10.0	0.84
1 L -20	2	18:06:00	68.95	27.39	122.3	128.8	114.0	131.6	124.2	10.40	9.5	10.2	10.5	9.7	10.0	0.84
1 L -20	4	18:08:00	68.95	27.39	123.4	129.7	114.9	132.8	125.2	10.49	9.6	10.4	10.6	10.2	10.2	0.85
1 L -20	8	18:12:00	68.95	27.39	124.7	131.0	116.3	133.9	125.5	10.60	9.9	10.4	10.8	10.3	10.4	0.87
1 L -21	1	18:15:00	72.40	28.77	130.0	136.5	121.0	139.3	131.7	11.03	10.3	11.0	11.4	10.9	10.9	0.91
1 L -21	2	18:16:00	72.40	28.77	130.6	137.2	121.7	140.1	132.4	11.09	10.4	11.1	11.4	10.7	10.9	0.91
1 L -21	4	18:18:00	72.40	28.77	131.8	138.1	122.8	141.4	133.5	11.19	10.5	11.2	11.5	11.3	11.1	0.93
1 L -21	8	18:22:00	72.40	28.77	133.1	139.4	124.2	142.7	134.8	11.29	10.8	11.5	11.7	11.2	11.3	0.95
1 L -22	1	18:25:00	75.84	30.15	138.1	144.6	129.4	147.8	140.0	11.73	11.2	12.0	12.3	11.8	11.8	0.99
1 L -22	2	18:26:00	75.84	30.15	138.9	145.7	129.8	148.6	140.8	11.79	11.3	12.0	12.4	11.7	11.8	0.99
1 L -22	4	18:28:00	75.84	30.15	140.0	146.6	130.5	149.7	141.7	11.87	11.5	12.1	12.6	11.9	11.9	1.01
1 L -22	8	18:32:00	75.84	30.15	141.4	147.5	132.1	151.2	143.2	11.99	11.7	12.2	12.7	12.2	12.2	1.02
1 L -23	1	18:35:30	79.15	31.48	146.8	153.6	137.4	156.8	143.7	12.46	12.2	12.9	13.4	12.9	12.9	1.08
1 L -23	2	18:36:30	79.15	31.48	147.5	154.5	138.1	157.2	149.3	12.51	12.4	13.1	13.4	12.4	12.8	1.08
1 L -23	4	18:38:30	79.15	31.48	148.4	155.4	138.9	158.3	150.2	12.59	12.5	13.2	13.6	13.0	13.1	1.10
1 L -23	8	18:42:30	79.15	31.48	149.9	156.5	140.0	159.6	151.5	12.69	12.6	13.4	13.7	13.3	13.2	1.11
1 L -24	1	18:46:00	82.53	32.83	155.5	162.5	145.6	165.3	157.2	13.17	13.2	13.8	14.3	14.0	13.8	1.16
1 L -24	2	18:47:00	82.53	32.83	156.1	163.3	146.1	165.9	157.9	13.22	13.4	14.0	14.5	14.0	14.0	1.17
1 L -24	4	18:49:00	82.53	32.83	157.0	164.1	146.9	167.0	158.7	13.30	13.5	14.2	14.7	14.3	14.2	1.19
1 L -24	8	18:53:00	82.53	32.83	158.3	165.2	147.9	168.0	159.8	13.39	13.5	14.6	14.8	14.4	14.3	1.20
1 L -25	1	18:56:00	86.05	34.24	169.9	171.1	153.3	173.8	163.5	13.87	14.1	15.1	15.4	14.9	14.9	1.25
1 L -25	2	18:57:00	86.05	34.24	164.7	171.9	153.8	174.6	164.1	13.92	14.4	15.2	15.5	15.0	15.0	1.26
1 L -25	4	18:59:00	86.05	34.24	165.6	172.6	154.8	175.5	167.1	14.00	14.5	15.5	15.7	14.8	15.1	1.27
1 L -25	8	19:03:00	86.05	34.24	167.0	173.8	155.9	176.8	169.3	14.10	14.8	15.5	15.9	15.2	15.4	1.29
1 L -26	1	19:06:00	89.36	35.57	172.4	179.3	160.9	182.3	173.7	14.58	15.2	16.2	16.3	15.8	15.9	1.33
1 L -26	2	19:07:00	89.36	35.57	173.0	179.5	161.3	183.1	174.3	14.60	15.3	16.2	16.7	16.0	16.0	1.34
1 L -26	4	19:09:00	89.36	35.57	174.0	181.1	162.4	184.2	175.4	14.69	15.3	16.6	16.7	16.0	16.1	1.36
1 L -26	8	19:13:00	89.36	35.57	175.3	182.0	163.6	185.3	179.5	14.79	15.7	16.6	17.1	16.3	16.4	1.38
1 U -1	1	19:15:30	71.77	28.52	167.5	174.0	156.1	177.3	163.7	14.14	15.0	16.0	16.4	15.8	15.8	1.32
1 U -1	2	19:16:30	71.77	28.52	167.4	174.1	156.0	177.3	163.7	14.13	15.1	16.2	16.3	15.8	15.8	1.33
1 U -1	3	19:17:30	71.77	28.52	167.4	173.5	156.0	177.1	163.6	14.13	15.1	15.9	16.4	15.5	15.7	1.32
1 U -1	4	19:18:30	71.77	28.52	167.4	174.0	156.0	177.0	163.6	14.12	15.2	16.1	16.3	15.5	15.5	1.32
1 U -2	1	19:20:30	53.99	21.39	154.4	160.8	143.8	163.9	155.7	13.05	14.2	15.1	15.3	15.2	14.9	1.25
1 U -2	2	19:21:30	53.99	21.39	154.3	160.8	143.9	164.0	155.7	13.05	14.3	15.0	15.2	14.8	14.8	1.24
1 U -2	3	19:22:30	53.99	21.39	154.4	160.8	143.9	163.8	155.7	13.04	14.2	15.0	15.2	15.0	14.9	1.24
1 U -2	4	19:23:30	53.99	21.39	154.2	160.4	143.8	163.8	155.6	13.03	13.9	15.0	15.2	14.9	14.8	1.24
1 U -3	1	19:26:00	36.13	14.23	135.5	140.7	125.4	144.7	135.5	11.44	12.7	13.6	13.9	13.1	13.3	1.12
1 U -3	2	19:27:00	36.13	14.23	135.3	140.7	125.2	144.6	135.5	11.43	12.7	13.7	13.9	13.3	13.4	1.12
1 U -3	3	19:28:00	36.13	14.23	135.5	140.8	125.3	144.7	135.5	11.43	12.6	13.5	13.8	13.1	13.2	1.11
1 U -3	4	19:29:00	36.13	14.23	135.2	140.5	125.6	144.4	135.4	11.43	12.7	13.5	13.8	13.1	13.3	1.11
1 U -4	1	19:31:00	18.48	7.16	108.1	111.4	99.8	115.5	103.7	9.11	10.9	11.5	11.7	11.4	11.4	0.95
1 U -4	2	19:32:00	18.48	7.16	108.0	111.3	99.4	115.4	103.5	9.09	10.9	11.6	11.7	11.6	11.5	0.96
1 U -4	3	19:33:00	18.48	7.16	107.7	111.2	99.5	115.2	103.4	9.08	10.8	11.5	11.7	11.1	11.3	0.95
1 U -4	4	19:34:00	18.48	7.16	107.8	111.2	99.4	115.2	103.4	9.08	10.9	11.8	11.8	11.3	11.4	0.96
1 U -5	1	19:36:00	0.00	0.00	61.3	61.3	54.9	66.1	60.9	5.11	7.8	8.8	8.8	8.2	8.3	0.70
1 U -5	2	19:37:00	0.00	0.00	60.8	60.8	54.3	65.5	60.3	5.05	7.8	8.7	8.6	8.3	8.4	0.70
1 U -5	4	19:39:00	0.00	0.00	60.2	60.2	54.3	64.8	59.9	5.02	7.8	8.6	8.5	8.7	8.4	0.70
1 U -5	8	19:43:00	0.00	0.00	59.8	59.8	53.5	64.2	59.2	4.96	7.6	8.7	8.5	8.6	8.4	0.70

**Lecturas y cargas del deformímetro en el Nivel 5  
TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú**

Aumento de prueba de carga	Tiempo de espera (minutos)	Tiempo (hh:mm:ss)	O-cell		Deformímetro Nivel 5				Deformación prom. (μ)	Carga (MN)
			Presión (MPa)	Carga (MN)	5A-1631483 (μ)	5B-1631484 (μ)	5C-1631485 (μ)	5D-1631486 (μ)		
1 L - 0	-	14:29:00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00
1 L - 1	1	14:59:00	3.65	1.22	-0.1	0.1	-0.2	0.0	-0.1	0.00
1 L - 1	2	15:00:00	3.65	1.22	-0.2	0.1	-0.2	0.0	-0.1	0.00
1 L - 1	4	15:02:00	3.65	1.22	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.01
1 L - 1	8	15:06:00	3.65	1.22	-0.6	0.0	-0.1	0.1	-0.1	-0.01
1 L - 2	1	15:09:30	7.24	2.65	0.0	0.1	-0.3	0.1	0.0	0.00
1 L - 2	2	15:10:30	7.24	2.65	-0.2	0.2	-0.2	0.0	-0.1	-0.01
1 L - 2	4	15:12:30	7.24	2.65	-0.5	0.1	0.0	0.2	-0.1	-0.01
1 L - 2	8	15:16:30	7.24	2.65	-0.4	0.0	0.1	0.1	-0.1	0.00
1 L - 3	1	15:22:30	10.76	4.06	-0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.00
1 L - 3	2	15:23:30	10.76	4.06	-0.5	0.2	0.1	0.1	0.0	0.00
1 L - 3	4	15:25:30	10.76	4.06	-0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.01
1 L - 3	8	15:29:30	10.76	4.06	-0.2	-0.1	0.1	0.1	0.0	0.00
1 L - 4	1	15:32:30	14.00	5.36	-0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.00
1 L - 4	2	15:33:30	14.00	5.36	-0.1	-0.1	0.1	0.3	0.1	0.01
1 L - 4	4	15:35:30	14.00	5.36	-0.2	0.1	0.1	0.3	0.1	0.01
1 L - 4	8	15:39:30	14.00	5.36	-0.4	-0.3	-0.2	0.1	-0.2	-0.02
1 L - 5	1	15:42:30	17.31	6.69	-0.2	-0.1	0.2	0.6	0.1	0.01
1 L - 5	2	15:43:30	17.31	6.69	-0.3	-0.1	-0.1	0.4	0.0	0.00
1 L - 5	4	15:45:30	17.31	6.69	0.0	-0.2	0.0	0.4	0.0	0.00
1 L - 5	8	15:49:30	17.31	6.69	-0.2	-0.2	0.1	0.4	0.0	0.00
1 L - 6	1	15:52:00	20.62	8.01	-0.2	-0.1	0.3	0.3	0.1	0.00
1 L - 6	2	15:53:00	20.62	8.01	0.0	-0.2	0.2	0.3	0.1	0.01
1 L - 6	4	15:55:00	20.62	8.01	-0.1	-0.1	0.0	0.3	0.0	0.00
1 L - 6	8	15:59:00	20.62	8.01	-0.2	-0.1	0.2	0.5	0.1	0.01
1 L - 7	1	16:01:30	24.06	9.40	0.0	-0.1	0.2	0.3	0.1	0.01
1 L - 7	2	16:02:30	24.06	9.40	0.1	-0.3	0.2	0.4	0.1	0.01
1 L - 7	4	16:04:30	24.06	9.40	0.3	-0.1	0.3	0.3	0.2	0.02
1 L - 7	8	16:08:30	24.06	9.40	-0.2	-0.2	0.3	0.4	0.1	0.01
1 L - 8	1	16:11:30	27.51	10.78	0.1	-0.2	0.3	0.6	0.2	0.01
1 L - 8	2	16:12:30	27.51	10.78	0.3	-0.2	0.3	0.5	0.2	0.02
1 L - 8	4	16:14:30	27.51	10.78	0.2	-0.4	0.3	0.6	0.2	0.01
1 L - 8	8	16:18:30	27.51	10.78	0.2	-0.2	0.3	0.5	0.2	0.02
1 L - 9	1	16:21:00	30.96	12.16	0.2	-0.4	0.3	0.7	0.2	0.02
1 L - 9	2	16:22:00	30.96	12.16	0.5	-0.4	0.3	0.6	0.3	0.02
1 L - 9	4	16:24:00	30.96	12.16	0.3	-0.3	0.3	0.7	0.3	0.02
1 L - 9	8	16:28:00	30.96	12.16	0.4	-0.3	0.4	0.5	0.3	0.02
1 L - 10	1	16:31:00	34.41	13.54	0.5	-0.4	0.4	0.9	0.3	0.03
1 L - 10	2	16:32:00	34.41	13.54	0.4	-0.5	0.4	0.8	0.3	0.02
1 L - 10	4	16:34:00	34.41	13.54	0.4	-0.4	0.4	0.8	0.3	0.02
1 L - 10	8	16:38:00	34.41	13.54	0.4	-0.4	0.4	0.8	0.3	0.02
1 L - 11	1	16:40:00	37.78	14.90	0.4	-0.4	0.4	0.9	0.3	0.03
1 L - 11	2	16:41:00	37.78	14.90	0.6	-0.5	0.5	0.7	0.3	0.03
1 L - 11	4	16:43:00	37.78	14.90	0.7	-0.5	0.5	1.0	0.5	0.04
1 L - 11	8	16:47:00	37.78	14.90	0.8	-0.5	0.5	0.8	0.4	0.03
1 L - 12	1	16:49:30	41.30	16.30	0.5	-0.5	0.6	1.1	0.4	0.04
1 L - 12	2	16:50:30	41.30	16.30	0.6	-0.4	0.5	1.0	0.4	0.03
1 L - 12	4	16:52:30	41.30	16.30	0.8	-0.5	0.6	0.8	0.4	0.04
1 L - 12	8	16:56:30	41.30	16.30	0.5	-0.5	0.6	1.0	0.4	0.03
1 L - 13	1	16:59:00	44.75	17.69	0.9	-0.5	0.7	1.3	0.6	0.05
1 L - 13	2	17:00:00	44.75	17.69	1.0	-0.6	0.6	1.1	0.5	0.04
1 L - 13	4	17:02:00	44.75	17.69	0.9	-0.4	0.7	1.2	0.6	0.05
1 L - 13	8	17:06:00	44.75	17.69	1.0	-0.5	0.7	1.1	0.6	0.05
1 L - 14	1	17:08:00	48.19	19.07	1.3	-0.5	0.7	1.4	0.7	0.06
1 L - 14	2	17:09:00	48.19	19.07	0.9	-0.7	0.8	1.3	0.6	0.05
1 L - 14	4	17:11:00	48.19	19.07	1.2	-0.6	0.8	1.4	0.7	0.06
1 L - 14	8	17:15:00	48.19	19.07	1.1	-0.6	0.7	1.4	0.7	0.06
1 L - 15	1	17:17:00	51.78	20.50	1.1	-0.5	0.9	1.5	0.7	0.06
1 L - 15	2	17:18:00	51.78	20.50	1.3	-0.4	0.8	1.8	0.9	0.07
1 L - 15	4	17:20:00	51.78	20.50	1.3	-0.7	0.9	1.6	0.8	0.07
1 L - 15	8	17:24:00	51.78	20.50	1.3	-0.8	0.9	1.8	0.8	0.07

**Lecturas y cargas del deformímetro en el Nivel 5  
TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú**

Aumento de prueba de carga	Tiempo de espera (minutos)	Tiempo (hh:mm:ss)	O-cell		Deformímetro Nivel 5				Deformación prom. (μ )	Carga (MN)
			Presión (MPa)	Carga (MN)	5A-1631483 (μ )	5B-1631484 (μ )	5C-1631485 (μ )	5D-1631486 (μ )		
1 L - 16	1	17:26:30	55.23	21.89	1.2	-0.6	0.9	1.9	0.8	0.07
1 L - 16	2	17:27:30	55.23	21.89	1.3	-0.6	1.0	1.9	0.9	0.07
1 L - 16	4	17:29:30	55.23	21.89	1.4	-0.6	0.9	2.1	0.9	0.08
1 L - 16	8	17:33:30	55.23	21.89	1.3	-0.8	1.0	2.0	0.9	0.08
1 L - 17	1	17:36:00	58.67	23.27	1.3	-0.7	1.1	2.0	0.9	0.07
1 L - 17	2	17:37:00	58.67	23.27	1.5	-0.8	1.1	2.1	1.0	0.08
1 L - 17	4	17:39:00	58.67	23.27	1.7	-0.7	1.2	2.0	1.0	0.09
1 L - 17	8	17:43:00	58.67	23.27	1.3	-0.8	1.1	2.1	0.9	0.08
1 L - 18	1	17:45:30	62.05	24.62	1.6	-0.7	1.2	2.2	1.1	0.09
1 L - 18	2	17:46:30	62.05	24.62	1.8	-0.9	1.2	2.2	1.1	0.09
1 L - 18	4	17:48:30	62.05	24.62	1.7	-0.7	1.3	2.2	1.1	0.09
1 L - 18	8	17:52:30	62.05	24.62	1.8	-0.9	1.2	2.2	1.1	0.09
1 L - 19	1	17:55:00	65.43	25.98	1.9	-0.9	1.3	2.6	1.2	0.10
1 L - 19	2	17:56:00	65.43	25.98	2.0	-1.1	1.3	2.5	1.2	0.10
1 L - 19	4	17:58:00	65.43	25.98	2.1	-0.9	1.3	2.6	1.3	0.11
1 L - 19	8	18:02:00	65.43	25.98	1.9	-0.9	1.3	2.6	1.2	0.10
1 L - 20	1	18:05:00	68.95	27.39	2.0	-0.9	1.4	2.6	1.3	0.11
1 L - 20	2	18:06:00	68.95	27.39	1.9	-1.1	1.4	2.9	1.3	0.11
1 L - 20	4	18:08:00	68.95	27.39	2.1	-0.9	1.5	2.9	1.4	0.12
1 L - 20	8	18:12:00	68.95	27.39	2.3	-0.9	1.4	2.8	1.4	0.12
1 L - 21	1	18:15:00	72.40	28.77	2.3	-1.0	1.5	3.1	1.5	0.12
1 L - 21	2	18:16:00	72.40	28.77	2.2	-1.1	1.5	3.4	1.5	0.13
1 L - 21	4	18:18:00	72.40	28.77	2.3	-1.0	1.5	3.1	1.5	0.12
1 L - 21	8	18:22:00	72.40	28.77	2.5	-1.0	1.6	3.3	1.6	0.13
1 L - 22	1	18:25:00	75.84	30.15	2.4	-1.1	1.5	3.5	1.6	0.13
1 L - 22	2	18:26:00	75.84	30.15	2.4	-1.2	1.7	3.7	1.7	0.14
1 L - 22	4	18:28:00	75.84	30.15	2.4	-1.2	1.7	3.5	1.6	0.14
1 L - 22	8	18:32:00	75.84	30.15	2.8	-1.5	1.6	3.3	1.6	0.13
1 L - 23	1	18:35:30	79.15	31.48	2.7	-1.3	1.8	3.5	1.7	0.14
1 L - 23	2	18:36:30	79.15	31.48	2.8	-1.4	1.7	3.6	1.7	0.14
1 L - 23	4	18:38:30	79.15	31.48	2.8	-1.3	1.8	3.8	1.7	0.15
1 L - 23	8	18:42:30	79.15	31.48	2.9	-1.4	1.8	3.7	1.7	0.15
1 L - 24	1	18:46:00	82.53	32.83	2.9	-1.4	1.8	4.1	1.9	0.16
1 L - 24	2	18:47:00	82.53	32.83	3.0	-1.5	1.8	3.9	1.8	0.15
1 L - 24	4	18:49:00	82.53	32.83	3.0	-1.5	1.9	4.1	1.9	0.16
1 L - 24	8	18:53:00	82.53	32.83	2.9	-1.5	1.9	4.0	1.8	0.15
1 L - 25	1	18:56:00	86.05	34.24	3.2	-1.5	1.9	4.3	2.0	0.17
1 L - 25	2	18:57:00	86.05	34.24	3.2	-1.6	1.8	4.6	2.0	0.17
1 L - 25	4	18:59:00	86.05	34.24	3.2	-1.6	1.9	4.4	2.0	0.16
1 L - 25	8	19:03:00	86.05	34.24	3.1	-1.7	1.9	4.4	1.9	0.16
1 L - 26	1	19:06:00	89.36	35.57	3.4	-1.8	2.1	4.6	2.1	0.17
1 L - 26	2	19:07:00	89.36	35.57	3.4	-1.9	2.0	4.6	2.0	0.17
1 L - 26	4	19:09:00	89.36	35.57	3.5	-1.8	2.0	4.7	2.1	0.18
1 L - 26	8	19:13:00	89.36	35.57	3.4	-1.9	2.0	4.9	2.1	0.18
1 U - 1	1	19:15:30	71.77	28.52	3.3	-2.1	1.9	4.7	1.9	0.16
1 U - 1	2	19:16:30	71.77	28.52	3.2	-2.0	1.9	4.6	1.9	0.16
1 U - 1	3	19:17:30	71.77	28.52	3.1	-2.0	1.9	4.7	1.9	0.16
1 U - 1	4	19:18:30	71.77	28.52	3.3	-2.1	1.9	4.5	1.9	0.16
1 U - 2	1	19:20:30	53.99	21.39	3.1	-2.0	1.8	4.2	1.8	0.15
1 U - 2	2	19:21:30	53.99	21.39	3.1	-2.1	1.8	4.5	1.8	0.15
1 U - 2	3	19:22:30	53.99	21.39	3.1	-2.2	1.8	4.1	1.7	0.14
1 U - 2	4	19:23:30	53.99	21.39	3.2	-2.3	1.9	4.4	1.8	0.15
1 U - 3	1	19:26:00	36.13	14.23	2.8	-2.3	1.6	3.8	1.5	0.12
1 U - 3	2	19:27:00	36.13	14.23	2.8	-2.3	1.6	3.8	1.5	0.12
1 U - 3	3	19:28:00	36.13	14.23	2.9	-2.2	1.6	3.8	1.5	0.13
1 U - 3	4	19:29:00	36.13	14.23	2.9	-2.3	1.7	3.6	1.5	0.12
1 U - 4	1	19:31:00	18.48	7.16	2.4	-2.3	1.4	3.1	1.1	0.10
1 U - 4	2	19:32:00	18.48	7.16	2.5	-2.3	1.4	3.1	1.2	0.10
1 U - 4	3	19:33:00	18.48	7.16	2.4	-2.2	1.4	3.4	1.3	0.11
1 U - 4	4	19:34:00	18.48	7.16	2.5	-2.2	1.4	3.1	1.2	0.10
1 U - 5	1	19:36:00	0.00	0.00	1.8	-2.3	1.0	2.3	0.7	0.06
1 U - 5	2	19:37:00	0.00	0.00	1.6	-2.3	0.9	2.1	0.6	0.05
1 U - 5	4	19:39:00	0.00	0.00	1.8	-2.5	0.9	2.3	0.6	0.05
1 U - 5	8	19:43:00	0.00	0.00	1.8	-2.5	1.0	2.2	0.6	0.05

<sup>2</sup> A pesar de que el deformímetro 5B mostró deformaciones de tracción a lo largo de la prueba, los datos se incluyeron en el promedio.

TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima  
Lima, Perú (LT-1598-1)

## **APÉNDICE B**

### INFORMES DE CALIBRACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN Y DE LA O-CELL

### INFORME DE CALIBRACIÓN DE CÉLULA DE OSTERBERG® (O-CELL®)

Número de serie: 24-9H-00144

Diámetro: 620 mm

Carrera: 230 mm

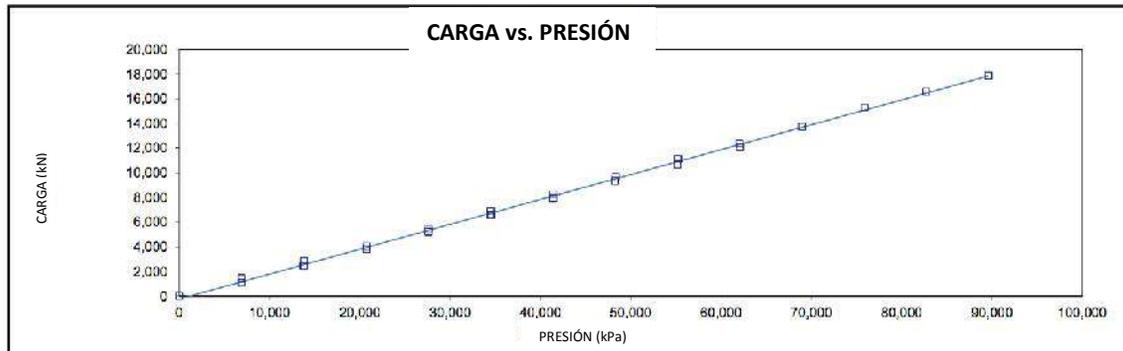
Cliente: LOADTEST, Inc., 2631-D NW 41 St, Gainesville, FL

Fecha de calibración: 5 de agosto, 2016

Temperatura ambiente: 30.1 °C

Técnico de LP: RH

Condición: Nuevo



PRESIÓN (kPa)	CARRERA (mm)	CARGA (kN)	ERROR DE LINEALIDAD (%FS)
0	0	0	-1.32%
6,895	55	1,451	-1.65%
13,790	56	2,864	-1.76%
20,712	56	4,048	-0.58%
27,586	56	5,449	-0.66%
34,474	56	6,887	-0.92%
41,369	56	8,273	-0.89%
46,325	57	9,672	-0.85%
55,206	57	11,119	-1.17%
62,046	57	12,368	-0.44%
68,954	57	13,741	-0.32%
75,856	57	15,294	-1.20%
82,703	58	16,573	-0.63%
89,590	58	17,877	-0.15%
0	105	-280	0.22%
6,888	106	1,071	0.44%
13,769	107	2,426	0.63%
20,726	107	3,822	0.66%
27,614	107	5,220	0.54%
34,474	107	6,588	0.73%
41,355	108	7,924	1.03%
48,243	108	9,327	0.97%
55,165	108	10,666	1.28%
62,094	108	12,066	1.17%
0	156	-263	0.13%
6,888	157	1,081	0.30%
13,796	158	2,464	0.45%
20,670	158	3,839	0.53%
27,572	158	5,204	0.66%
34,494	158	6,580	0.80%
41,382	158	7,954	0.90%
46,256	159	9,347	0.96%

**FÓRMULA DE CONVERSIÓN DE LA CARGA**  
 $CARGA (kN) = PRESIÓN (kPa) \times 0.2019 + (-239.27)$

**Salida de regresión lineal:**  
 Constante: -239.2700 kN  
 Coef. de presión: 0.2019 kN / kPa  
 Cuadrado R: 0.998970

**FÓRMULA DE CONVERSIÓN DE LA CARGA CON DOS VARIABLES**  
 $CARGA (kN) = PRESIÓN (kPa) \times 0.2005 + CARRERA (mm) \times -3.0239 + (99.63)$

**Salida de regresión lineal:**  
 Constante: 99.6304 kN  
 Coef. de presión: 0.2005 kN / kPa  
 Coef. de expansión: 0.2005 kN / mm  
 Cuadrado R: 0.999639

Los resultados de la calibración publicada en este certificado fueron obtenidos usando equipos capaces de producir resultados que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) y estos, a su vez, están en el Sistema Internacional de unidades (SI).

Instrumento	# de serie / # de seguimiento	Calibración prevista:
Medidor de presión	560544 / 239450	22 de marzo de 2017
Célula de carga 1	1403539 / 3539.031416	14 de marzo de 2017
Célula de carga 2	1402508 / 2508.031416	14 de marzo de 2017
Célula de carga 3	1402509 / 2509.031416	14 de marzo de 2017
Célula de carga 4	1402510 / 2510.031416	14 de marzo de 2017
Medidor de expansión 1	0415 / LT.0415.16-03-16	16 de marzo de 2017
Medidor de expansión 2	4714 / LT.4714.16-03-16	16 de marzo de 2017

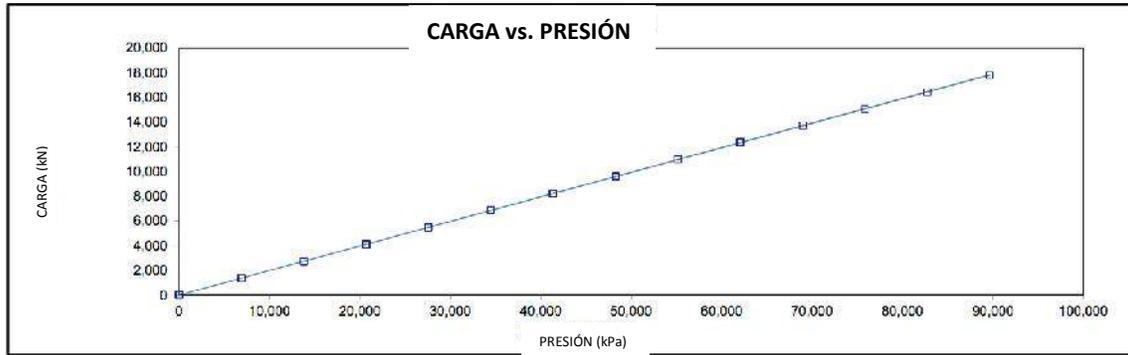
Load Providers certifica que la Célula de Osterberg® mencionada líneas arriba ha sido calibrada de acuerdo con los procedimientos internos CS-001, Rev 0 y cumple con todos los criterios establecidos en él, así como en ISO/IEC 17025:2005.

(logo) *ilac-MRA*  
(logo) *PJLA Calibration*  
Acreditación #89367  
(firma) *ilegible*  
Jason Yancey, Gerente de Calidad de LP

**INFORME DE CALIBRACIÓN DE CÉLULA DE OSTERBERG® (O-CELL®)**

Número de serie: 24-9H-00145  
Diámetro: 620 mm  
Carrera: 230 mm  
Cliente: LOADTEST, Inc., 2631-D NW 41 St, Gainesville, FL

Fecha de calibración: 10 de agosto, 2016  
Temperatura ambiente: 30.6 °C  
Técnico de LP: RH  
Condición: Nuevo



PRESIÓN (kPa)	CARRERA (mm)	CARGA (kN)	ERROR DE LINEALIDAD (%FS)
---------------	--------------	------------	---------------------------

Load Providers certifica que la Célula de Osterberg® mencionada líneas arriba ha sido calibrada de acuerdo con los procedimientos internos CS-001, Rev 0 y cumple con todos los criterios establecidos en él, así como en ISO/IEC 17025:2005.

(logo) ilac-MRA  
(logo) P/JLA Calibration  
Acreditación #89367

(firma) ilegible

Jason Yancey, Gerente de Calidad de LP  
LP-1 (06/06/16) - Calibración de Célula de Osterberg v1.21

Está prohibida la reproducción total o parcial de este Certificado sin el consentimiento escrito de Load Providers, LLC. Página 1 de 1

PRESSURE (kPa)	STROKE (mm)	LOAD (kN)	LINEARITY ERR (%FS)
0	0	0	-0.05%
6,915	55	1,347	0.11%
13,817	56	2,730	0.06%
20,696	56	4,102	0.03%
27,593	56	5,478	0.01%
34,460	56	6,861	-0.09%
41,375	57	8,239	-0.10%
48,284	57	9,615	-0.12%
55,144	57	10,973	-0.08%
62,025	57	12,342	-0.08%
68,905	57	13,720	-0.02%
75,805	58	15,074	0.03%
82,737	58	16,437	0.06%
89,653	58	17,778	0.25%
0	105	14	-0.13%
6,902	107	1,335	0.16%
13,796	107	2,714	0.12%
20,696	107	4,102	0.03%
27,572	107	5,477	-0.01%
34,488	108	6,848	0.03%
41,341	108	8,217	-0.02%
48,277	108	9,593	-0.03%
55,172	108	10,962	-0.10%
62,080	108	12,359	-0.11%
0	158	24	-0.19%
6,915	157	1,344	0.13%
13,810	158	2,719	0.10%
20,664	158	4,094	0.0%
27,566	158	5,468	0.03%
34,474	158	6,852	-0.02%
41,396	159	8,226	-0.01%
48,263	159	9,595	-0.03%

**FÓRMULA DE CONVERSIÓN DE LA CARGA**  
CARGA (kN) = PRESIÓN (kPa) × 0.1989 + (-9.19)

Salida de regresión lineal:  
Constante: -9.1925 kN

Cuadrado R: 0.999988

FORMULA DE CONVERSIÓN DE LA CARGA CON DOS VARIABLES

Instrumento	# de serie / # de	Calibración prevista:
Medidor de presión	01000450	22 de marzo de 2017
Célula de carga 1	1402310 / 2510.031416	14 de marzo de 2017
Célula de carga 2	1402310 / 2510.031416	14 de marzo de 2017
Célula de carga 3	1402310 / 2510.031416	14 de marzo de 2017
Célula de carga 4	1402310 / 2510.031416	14 de marzo de 2017
Medidor de expansión	1402310 / 2510.031416	16 de marzo de 2017
Medidor de expansión 2	1402310 / 2510.031416	16 de marzo de 2017

Coef. de presión: 0.1989 kN / kPa  
Coef. de expansión: -0.0162 kN / mm

Cuadrado R: 0.999988

## Informe de calibración del extensómetro de cuerda vibrante

Rango: 230 mm Fecha de calibración: 20 de setiembre de 2016  
Número de serie: 1628470 Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.  
Instrucción de calibración: CI-4400 Temperatura: 22.8 °C  
Longitud del cable: 108 pies Técnico: *(firma) ilegible*

### GK-401 Posición de Lectura B

Desplazamiento real (mm)	Lectura del medidor 1er Ciclo	Lectura del medidor 2do Ciclo	Lectura promedio del medidor	Desplazamiento lineal calculado	Error lineal (%FS)	Desplazamiento polinomial calculado	Error polinomial (%FS)
0.0	2423	2423	2423	-0.37	-0.16	0.00	0.00
46.0	3425	3426	3426	46.06	0.03	46.00	0.00
92.0	4423	4424	4424	92.28	0.12	92.01	0.01
138.0	5419	5413	5416	138.25	0.11	137.98	-0.01
184.0	6405	6405	6405	184.06	0.03	184.00	0.00
230.0	7389	7389	7389	229.63	-0.16	230.00	0.00

(mm) Factor lineal del medidor (G): 0.04632 (mm/ dígito) Regresión a cero: 2431

Factores polinomiales del medidor: A: 1.0774E-07 B: 0.04526 C: \_\_\_\_\_

Calcular C estableciendo  $D = 0$  y  $R_1 =$  lectura a cero del campo inicial en la ecuación polinomial.

(pulgadas) Factor lineal del medidor (G): 0.001823 (pulgadas/ dígito)

Factores polinomiales del medidor: A: 4.2419E-09 B: 0.001782 C: \_\_\_\_\_

Calcular C estableciendo  $D = 0$  y  $R_1 =$  lectura a cero del campo inicial en la ecuación polinomial.

Desplazamiento calculado: Lineal,  $D = G (R_1 - R_0)$

Polinomial,  $D = AR_1^2 + BR_1 + C$

Consultar el manual para obtener información sobre corrección de temperatura.

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1.

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración del extensómetro de cuerda vibrante

Rango: 230 mm Fecha de calibración: 20 de setiembre de 2016  
Número de serie: 1628471 Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.  
Instrucción de calibración: CI-4400 Temperatura: 22.8 °C  
Longitud del cable: 108 pies Técnico: (firma) ilegible

### GK-401 Posición de Lectura B

Desplazamiento real (mm)	Lectura del medidor 1er Ciclo	Lectura del medidor 2do Ciclo	Lectura promedio del medidor	Desplazamiento lineal calculado	Error lineal (%FS)	Desplazamiento polinomial calculado	Error polinomial (%FS)
0.0	2487	2486	2487	-0.43	-0.19	-0.02	-0.01
46.0	3511	3511	3511	46.18	0.08	46.11	0.05
92.0	4519	4524	4522	92.16	0.07	91.85	-0.06
138.0	5536	5536	5536	138.32	0.14	138.02	0.01
184.0	6543	6543	6543	184.14	0.06	184.08	0.03
230.0	7541	7541	7541	229.55	-0.19	229.96	-0.02

(mm) Factor lineal del medidor (G): 0.04550 (mm/ dígito) Regresión a cero: 2496

Factores polinomiales del medidor: A: 1.1649E-07 B: 0.04433 C: \_\_\_\_\_

Calcular C estableciendo  $D = 0$  y  $R_1 =$  lectura a cero del campo inicial en la ecuación polinomial.

(pulgadas) Factor lineal del medidor (G): 0.001791 (pulgadas/ dígito)

Factores polinomiales del medidor: A: 4.5862E-09 B: 0.001745 C: \_\_\_\_\_

Calcular C estableciendo  $D = 0$  y  $R_1 =$  lectura a cero del campo inicial en la ecuación polinomial.

Desplazamiento calculado: Lineal,  $D = G (R_1 - R_0)$

Polinomial,  $D = AR_1^2 + BR_1 + C$

Consultar el manual para obtener información sobre corrección de temperatura.

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1.

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración del extensómetro de cuerda vibrante

Rango: 230 mm Fecha de calibración: 20 de setiembre de 2016  
Número de serie: 1628472 Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.  
Instrucción de calibración: CI-4400 Temperatura: 22.8 °C  
Técnico: *(firma) ilegible*  
Longitud del cable: 108 pies

### GK-401 Posición de Lectura B

Desplazamiento real (mm)	Lectura del medidor 1er Ciclo	Lectura del medidor 2do Ciclo	Lectura promedio del medidor	Desplazamiento lineal calculado	Error lineal (%FS)	Desplazamiento polinomial calculado	Error polinomial (%FS)
0.0	2510	2511	2511	-0.43	-0.19	-0.05	-0.02
46.0	3531	3531	3531	46.21	0.09	46.10	0.04
92.0	4540	4541	4541	92.34	0.15	92.00	0.00
138.0	5545	5545	5545	138.25	0.11	137.92	-0.04
184.0	6548	6549	6549	184.11	0.05	184.02	0.01
230.0	7544	7545	7545	229.63	-0.16	230.01	0.01

(mm) Factor lineal del medidor (G): 0.04570 (mm/ dígito) Regresión a cero: 2520

Factores polinomiales del medidor: A: 1.1805E-07 B: 0.04452 C: \_\_\_\_\_

Calcular C estableciendo D = 0 y  $R_1$  = lectura a cero del campo inicial en la ecuación polinomial.

(pulgadas) Factor lineal del medidor (G): 0.001799 (pulgadas/ dígito)

Factores polinomiales del medidor: A: 4.6475E-09 B: 0.001753 C: \_\_\_\_\_

Calcular C estableciendo D = 0 y  $R_1$  = lectura a cero del campo inicial en la ecuación polinomial.

Desplazamiento calculado: Lineal,  $D = G (R_1 - R_0)$

Polinomial,  $D = AR_1^2 + BR_1 + C$

Consultar el manual para obtener información sobre corrección de temperatura.

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1.

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración del extensómetro de cuerda vibrante

Rango: 230 mm Fecha de calibración: 20 de setiembre de 2016  
Número de serie: 1628473 Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.  
Instrucción de calibración: CI-4400 Temperatura: 22.8 °C  
Longitud del cable: 108 pies Técnico: (firma) ilegible

### GK-401 Posición de Lectura B

Desplazamiento real (mm)	Lectura del medidor 1er Ciclo	Lectura del medidor 2do Ciclo	Lectura promedio del medidor	Desplazamiento lineal calculado	Error lineal (%FS)	Desplazamiento polinomial calculado	Error polinomial (%FS)
0.0	2510	2508	2509	-0.36	-0.16	0.00	0.00
46.0	3531	3532	3532	46.09	0.04	46.04	0.02
92.0	4545	4546	4546	92.17	0.07	91.90	-0.04
138.0	5562	5562	5562	138.35	0.15	138.09	0.04
184.0	6567	6568	6568	184.04	0.02	183.98	-0.01
230.0	7571	7571	7571	229.63	-0.16	229.99	0.00

(mm) Factor lineal del medidor (G): 0.04544 (mm/ dígito) Regresión a cero: 2517

Factores polinomiales del medidor: A: 1.0211E-07 B: 0.04441 C: \_\_\_\_\_

Calcular C estableciendo  $D = 0$  y  $R_1 =$  lectura a cero del campo inicial en la ecuación polinomial.

(pulgadas) Factor lineal del medidor (G): 0.001789 (pulgadas/ dígito)

Factores polinomiales del medidor: A: 4.0203E-09 B: 0.001748 C: \_\_\_\_\_

Calcular C estableciendo  $D = 0$  y  $R_1 =$  lectura a cero del campo inicial en la ecuación polinomial.

Desplazamiento calculado: Lineal,  $D = G (R_1 - R_0)$

Polinomial,  $D = AR_1^2 + BR_1 + C$

Consultar el manual para obtener información sobre corrección de temperatura.

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1.

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 24 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631418

Longitud del cable: 102 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 7105

Temperatura: 22.6 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7162	7164	7163		
1500	7820	7824	7822	659	-0.25
3000	8545	8546	8546	724	-0.28
4500	9279	9279	9279	733	0.02
6000	10007	10008	10008	729	0.18
100	7165	7167	7166		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.349 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 24 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631419

Longitud del cable: 102 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 6961

Temperatura: 22.6 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7022	7025	7024		
1500	7679	7681	7680	656	-0.40
3000	8414	8413	8414	734	-0.29
4500	9150	9153	9152	738	-0.04
6000	9888	9894	9891	739	
100	7025	7026	7026		0.27

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.347 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631469

Longitud del cable: 102 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 7077

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7132	7132	7132		
1500	7795	7795	7795	663	-0.21
3000	8521	8519	8520	725	-0.18
4500	9251	9251	9251	731	0.06
6000	9977	9975	9976	725	0.09
100	7132	7132	7132		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.349 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631470

Longitud del cable: 102 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 6994

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7053	7054	7054		
1500	7711	7712	7712	658	-0.36
3000	8444	8444	8444	732	-0.20
4500	9179	9177	9178	734	0.01
6000	9910	9911	9911	733	0.17
100	7054	7055	7055		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.348 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631471

Longitud del cable: 92 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 7067

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7121	7122	7122		
1500	7773	7775	7774	652	-0.24
3000	8489	8493	8491	717	-0.14
4500	9211	9211	9211	720	0.07
6000	9925	9925	9925	714	0.07
100	7122	7124	7123		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.352 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631472

Longitud del cable: 92 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 7084

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7138	7137	7138		
1500	7812	7811	7812	674	-0.18
3000	8546	8549	8548	736	-0.07
4500	9283	9287	9285	737	0.09
6000	10015	10016	10016	731	0.02
100	7137	7143	7140		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.346 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631473

Longitud del cable: 92 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 6941

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7004	7005	7005		
1500	7653	7654	7654	649	-0.47
3000	8381	8382	8382	728	-0.41
4500	9121	9121	9121	739	0.05
6000	9851	9854	9853	732	0.23
100	7005	7005	7005		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.348 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631474

Longitud del cable: 92 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 6990

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7047	7047	7047		
1500	7698	7698	7698	651	-0.19
3000	8403	8403	8403	705	-0.48
4500	9133	9132	9133	730	0.08
6000	9848	9849	9849	716	0.18
100	7047	7048	7048		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.353 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631475

Longitud del cable: 82 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 6946

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	6999	6993	6996		
1500	7666	7666	7666	670	-0.04
3000	8385	8385	8385	719	-0.12
4500	9111	9113	9112	727	0.08
6000	9832	9830	9831	719	0.00
100	6993	6993	6993		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.350 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631476

Longitud del cable: 82 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 7084

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7135	7137	7136		
1500	7793	7792	7793	657	-0.17
3000	8507	8512	8510	717	-0.05
4500	9225	9225	9225	715	0.03
6000	9941	9937	9939	714	0.05
100	7137	7137	7137		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.353 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631477

Longitud del cable: 82 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 7230

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7285	7289	7287		
1500	7948	7952	7950	663	-0.30
3000	8681	8682	8682	732	-0.21
4500	9415	9418	9417	735	0.01
6000	10146	10151	10149	732	0.12
100	7289	7291	7290		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.347 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631478

Longitud del cable: 82 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 7056

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7114	7115	7115		
1500	7780	7782	7781	666	-0.32
3000	8517	8518	8518	737	-0.25
4500	9262	9262	9262	744	0.09
6000	9999	9995	9997	735	0.10
100	7115	7112	7114		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.345 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631479

Longitud del cable: 46 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 6880

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	6937	6935	6936		
1500	7585	7580	7583	647	-0.32
3000	8303	8297	8300	717	-0.11
4500	9017	9014	9016	716	0.03
6000	9731	9728	9730	714	0.11
100	6935	6933	6934		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.353 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631480

Longitud del cable: 46 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 7044

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7097	7098	7098		
1500	7762	7765	7764	666	-0.26
3000	8496	8498	8497	733	-0.03
4500	9226	9229	9228	731	0.09
6000	9951	9952	9952	724	-0.01
100	7098	7095	7097		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.348 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631481

Longitud del cable: 46 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 7018

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7072	7074	7073		
1500	7725	7725	7725	652	-0.32
3000	8448	8450	8449	724	-0.05
4500	9168	9169	9169	720	0.06
6000	9884	9885	9885	716	0.05
100	7074	7076	7075		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.352 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631482

Longitud del cable: 46 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 6964

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7022	7022	7022		
1500	7670	7670	7670	648	-0.33
3000	8389	8391	8390	720	-0.17
4500	9113	9112	9113	723	0.07
6000	9831	9829	9830	717	0.14
100	7022	7023	7023		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.352 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631483

Longitud del cable: 26 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 7061

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7118	7120	7119		
1500	7765	7767	7766	647	-0.33
3000	8482	8483	8483	717	-0.26
4500	9205	9205	9205	722	0.02
6000	9924	9923	9924	719	0.17
100	7121	7120	7121		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.352 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631484

Longitud del cable: 26 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 7117

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7176	7177	7177		
1500	7829	7830	7830	653	-0.38
3000	8554	8555	8555	725	-0.32
4500	9289	9288	9289	734	0.05
6000	10017	10013	10015	726	0.16
100	7177	7176	7177		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.349 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631485

Longitud del cable: 26 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 6945

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	6997	6998	6998		
1500	7642	7644	7643	645	-0.15
3000	8344	8345	8345	702	-0.18
4500	9053	9055	9054	709	0.07
6000	9756	9757	9757	703	0.08
100	6998	6997	6998		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.357 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

## Informe de calibración de la barra gemela

Número del modelo: 4911-4

Fecha de calibración: 27 de setiembre de 2016  
Esta calibración fue verificada/validada el 04/10/2016.

Número de serie: 1631486

Longitud del cable: 26 pies

Prestress: 35,000 psi

Regresión a cero: 7036

Temperatura: 23.5 °C

Técnico: *(firma) ilegible*

Instrucción de calibración: CI-VW Rebar

Carga aplicada (libras)	Lecturas				Linealidad % Máx. de carga
	Ciclo #1	Ciclo #2	Promedio	Cambio	
100	7091	7090	7091		
1500	7757	7758	7758	667	-0.22
3000	8490	8489	8490	732	-0.08
4500	9223	9226	9225	735	0.16
6000	9949	9947	9948	723	0.01
100	7090	7091	7091		

Consultar la tabla C-2 del Manual de instalación para obtener información sobre el factor de conversión de la carga hasta la deformación.

**Factor del medidor: 0.348 microdeformación/ dígito (GK-401 Pos. "B")**

**Deformación calculada = Factor del medidor (Lectura actual – Lectura a cero)**

Nota: La calibración en mención utiliza el método de regresión lineal.

**Se aconseja a los usuarios establecer sus propias condiciones a cero.**

Linealidad: [(Carga calculada - Carga aplicada)/Carga máx. aplicada] X 100 por ciento

Se encontró que el instrumento en mención estaba dentro de todos los rangos permisibles de operación.  
El instrumento mencionado líneas arriba ha sido calibrado en comparación con las normas que se encuentran en el Instituto Nacional de Normas y Tecnologías (NIST por sus siglas en inglés) conforme a ANSI Z540-1

Está prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin el consentimiento escrito de Geokon Inc.

TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima  
Lima, Perú (LT-1598-1)

## **APÉNDICE C**

### CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA DE CARGA SUPERIOR EQUIVALENTE vs. DESPLAZAMIENTO

## CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA DE ASIENTO DE CARGA SUPERIOR EQUIVALENTE A PARTIR DE LOS RESULTADOS DE UNA PRUEBA DE O-CELL (Agosto, 2000)

**Introducción:** Algunos ingenieros consideran útil ver los resultados de una prueba de carga de O-cell en forma de curva, la cual muestra la carga versus el asiento de un pilote de excavación o impulsado por una carga superior (fuste perforado). Creemos que una prueba de O-cell puede proporcionar una buena estimación de esta curva cuando se utiliza el método aquí descrito.

**Suposiciones:** Hacemos las siguientes suposiciones, las cuales consideramos tanto razonables como conservadoras por lo general:

1. La curva de movimiento de carga del rodamiento de extremo en un fuste cargado por arriba tiene las mismas cargas para un movimiento dado (restar el peso flotante del pilote por encima de la O-cell) que la curva de movimiento de carga del rodamiento de extremo desarrollada por el fondo de la O-cell cuando se coloca en el fondo del fuste o cerca de él.
2. La curva de movimiento de carga de corte lateral en un fuste cargado por arriba tiene el mismo corte de red, multiplicado por un factor de ajuste 'F', para un movimiento descendente dado, como ocurrió en la prueba de O-cells para ese mismo movimiento en la parte superior de la célula en la dirección ascendente. Lo mismo se aplica al movimiento ascendente en una prueba de tensión cargada por arriba. A menos que se indique lo contrario, se utilizan los siguientes factores de ajuste:
  - (a)  $F = 1,00$  en todas las bases de roca y para suelos principalmente cohesivos en compresión.
  - (b)  $F = 0,95$  en suelos principalmente sin cohesión.
  - (c)  $F = 0,80$  Para todos los suelos en pruebas de tensión de carga superior.
3. Inicialmente suponemos que el pilote se comporta como un cuerpo rígido, pero incluimos las compresiones elásticas que forman parte de los datos de movimiento obtenidos de una prueba de O-cell (OLT). Usando esta suposición, construimos una curva de movimiento para la prueba de carga superior equivalente (TLT) con el método descrito a continuación en Procedimientos Parte 1. A continuación, usamos el siguiente Procedimientos Parte II para corregir los efectos de las compresiones elásticas adicionales en un TLT.
4. Consideremos el caso con la O-cell, o la O-cell inferior de más de un nivel de células, colocada a una cierta distancia por encima del fondo del fuste. Suponemos que la parte del fuste debajo de la celda, ahora con carga superior, tiene el mismo comportamiento de movimiento de carga que cuando se carga por encima del fuste entero. Para este caso, la "curva de movimiento del rodamiento de extremo" posterior se refiere al movimiento de toda la longitud del fuste debajo de la célula.

**Procedimientos Parte I:** Por favor refiérase a la Figura A adjunta que muestra los resultados de la prueba de O-cell y a la Figura B, que muestra la curva construida de

asiento de carga superior equivalente. Obsérvese que cada una de las curvas mostradas tiene puntos numerados de 1 a 12 de manera que el mismo número de punto en cada curva tiene la misma magnitud de movimiento. Por ejemplo, el punto 4 tiene un movimiento ascendente y descendente de 0,40 pulgadas en la Figura A y el mismo de 0,40 pulgadas hacia abajo en la Figura B.

**Nota:** Este informe muestra los datos del movimiento de O-cell en una figura similar a la Figura A, pero utiliza las cargas brutas obtenidas en el campo. La Figura A utiliza cargas netas para facilitar la conversión del lector de Figura A a Figura B sin la complicación de la primera conversión de cargas brutas a netas. Para la reconstrucción conservadora de la curva de asiento con carga superior, primero convertimos ambos componentes de la O-cell a carga neta.

Usando las suposiciones anteriores, construya la curva equivalente de la siguiente manera: seleccione un movimiento arbitrario tal como las 0,40 pulgadas para dar el punto 4 en la curva de movimiento de carga de corte lateral del fuste en la Figura A y registre la carga de 2,090 toneladas en corte en ese movimiento. Debido a que inicialmente hemos asumido un pilote rígido, la parte superior del pilote se mueve hacia abajo igual que la parte inferior. Por lo tanto, encontrar el punto 4 con 0.40 pulgadas de movimiento hacia arriba en la curva de movimiento de carga de rodamiento de extremo y registrar la carga correspondiente de 1.060 toneladas. La adición de estas dos cargas dará la carga total de 3.150 toneladas debido al corte lateral más el rodamiento de extremo en el mismo movimiento y así da el punto 4 en la curva de asiento de carga de la figura B para una prueba de carga superior equivalente.

Se puede utilizar el procedimiento anterior para obtener todos los puntos de la Figura B hasta el componente que se mueve menos al final de la prueba, en este caso el punto 5 en el corte lateral. Para aprovechar el hecho de que la prueba produjo datos de movimiento de rodamientos de extremos hasta el punto 12, necesitamos hacer una extrapolación de la curva de corte lateral. Por lo general usamos una técnica de ajuste de curva hiperbólica conveniente y adecuada para esta extrapolación. Decidir el número máximo de puntos de datos para proporcionar un buen ajuste (un alto coeficiente de correlación  $r^2$ ) requiere un cierto juicio. En este caso omitimos el punto 1 para dar un  $r^2 = 0.999$  (incluyendo el punto 1 dio un  $r^2 = 0.966$ ) con el resultado mostrado como puntos 6 a 12 en la extensión punteada de la curva de corte lateral medida. Usando el mismo procedimiento de coincidencia de movimiento descrito anteriormente, podemos extender la curva equivalente a los puntos 6 a 12. Los resultados, mostrados en la Figura B como una línea discontinua, significan que esta parte de la curva equivalente depende, en parte, de los datos extrapolados.

A veces, si los datos lo justifican, usaremos extrapolaciones tanto del corte lateral como del rodamiento de extremo para extender la curva equivalente a un movimiento mayor que el máximo medido (punto 12). Un apéndice en este informe da los detalles de la(s) extrapolación(es) utilizada(s) con la presente prueba de O-cell y muestra el ajuste con los datos reales.

## **Procedimientos Parte II:** La compresión elástica en la prueba de carga superior

equivalente siempre supera la de la prueba de O-cell. No sólo produce más movimiento superior, sino también movimiento de corte lateral adicional, que luego genera más corte lateral, lo que produce más compresión, etc. Una solución exacta de este problema de transferencia de carga requiere conocer las curvas de corte lateral vs. curvas de movimiento vertical (t-y) para un gran número de incrementos de longitud de pilote y resolviendo el conjunto resultante de ecuaciones simultáneas o utilizando simulaciones de elementos finitos o diferencias finitas para obtener una solución aproximada para estas ecuaciones. Por lo general, no tenemos los datos para obtener con precisión las curvas t-y requeridas. Afortunadamente, la solución aproximada descrita a continuación suele ser suficiente.

El análisis adjunto p. 6 da las ecuaciones para las compresiones elásticas que se producen en el OLT con uno o dos niveles de O-cells. El análisis p. 7 da las ecuaciones para las compresiones elásticas que ocurren en el TLT equivalente. Ambos conjuntos de ecuaciones no incluyen la compresión elástica por debajo de la O-cell porque la misma compresión tiene lugar tanto en el OLT y el TLT. Esto es equivalente a tomar  $L3 = 0$ . Restar el OLT de la compresión TLT da la compresión elástica adicional deseada en la parte superior del TLT. A continuación, agregamos la compresión elástica adicional a la curva equivalente 'rígida' obtenida de la Parte I para obtener la curva de carga-asiento final y corregida equivalente para el TLT en el mismo pilote que la OLT real.

Nótese que las anteriores pp. 6 y 7 dan ecuaciones para cada uno de los tres patrones asumidos de esfuerzo de corte lateral desarrollado a lo largo del pilote. El patrón mostrado en el centro de los tres se aplica a cualquier distribución de corte lateral aproximadamente determinada. La experiencia ha demostrado que la solución inicial para la compresión elástica adicional, como se ha descrito anteriormente, da una estimación adecuada y ligeramente conservadora (alta) de la compresión adicional frente a análisis de transferencia de carga más sofisticados como se describe en el primer párrafo de esta Parte II.

El análisis p. 8 proporciona un ejemplo de resultados calculados en unidades inglesas en un hipotético OLT de una etapa y un solo nivel usando el método simplificado en la Parte II con el centroide de la distribución de corte lateral 44.1% por encima de la base de la O-cell. La Figura C compara la corregida con la curva rígida de la Figura B. La página 9 contiene un ejemplo equivalente al anterior en unidades SI.

El análisis final p. 10 proporciona un ejemplo de resultados calculados en unidades inglesas en un hipotético TLC de tres etapas y niveles múltiples usando el método simplificado en la Parte II con el centroide de la distribución combinada del corte superior y medio del 44,1% por encima de la base de la O-cell inferior. Los centróides individuales de las distribuciones de corte lateral superior e intermedio se encuentran 39,6% y 57,9% por encima y por debajo de la O-cell media, respectivamente. La Figura E compara la curva corregida con la curva rígida. La página 11 contiene un ejemplo equivalente al anterior en unidades SI.

**Otras pruebas:** El ejemplo ilustrado en la Figura A tiene el movimiento máximo del

componente en el rodamiento de extremo. Los procedimientos siguen siendo los mismos si el movimiento máximo de la prueba se produjo en el corte lateral. Entonces habría extrapolado el rodamiento de extremo para producir la parte de línea punteada de la curva de asiento de carga superior reconstruida.

El ejemplo ilustrado también supone un pilote cargado en la parte superior en compresión. Para un pilote cargado en tensión, con base en las suposiciones 2 y 3, utilizaremos la curva de carga de corte en la Figura A, multiplicada por la  $F = 0,80$  señalada en la suposición 2., para la curva de desplazamiento de carga superior equivalente.

**Precisión esperada:** Sólo se conocen cinco series de pruebas que proporcionen los datos necesarios para hacer una comparación directa entre el comportamiento de movimiento de pilotes de carga real, a escala completa, y el comportamiento equivalente obtenido a partir de una prueba de O-cell con el método descrito aquí. Estos incluyen tres obras en Japón y una en Singapur, en una variedad de suelos, con tres pruebas de compresión en pilotes de excavación (fustes perforados), una prueba de compresión en un pilote impulsado y una prueba de tensión en un pilote de excavación. El mayor pilote de excavación tenía un diámetro de 1,2 m y una longitud de 37 m. El pilote impulsado tenía una construcción modular de 1 m de incremento y una longitud de 9 m. La mayor carga superior = 28 MN (3.150 toneladas).

Las siguientes referencias detallan las pruebas japonesas antes mencionadas y los resultados de las mismas:

Kishida H. et al., 1992, "Pile Loading Tests at Osaka Amenity Park Project," Documento de Mitsubishi Co., también descrito brevemente en Schmertmann (1993, ver bibliografía). Compara un fuste perforado en tensión y otro en compresión.

Ogura, H. et al., 1995, "Application of Pile Toe Load Test to Cast-in-place Concrete Pile and Precast Pile," volumen especial 'Tsuchi-to-Kiso' sobre Prueba de carga de pilote, Sociedad Geotécnica Japonesa, Vol. 3, No. 5, Ser. No. 448. Original en japonés. Traducido por M. B. Karkee, GEOTOP Corporation. Compara un fuste perforado y un pilote impulsado, ambos en compresión.

Hemos comparado el equivalente previsto y la carga superior medida en tres movimientos superiores en cada una de las cuatro anteriores comparaciones japonesas. Los movimientos de la parte superior variaban de 1/4 de pulgada (6 mm) a 40 mm, dependiendo de los datos disponibles. Las relaciones (equiv./med.) De la carga superior promediaron 1,03 en las 15 comparaciones con un coeficiente de variación de menos del 10%. Creemos que estas comparaciones disponibles ayudan a apoyar la validez práctica del método equivalente de carga superior descrito aquí.

L. S. Peng, A. M. Koon, R. Page y C. W. Lee reportan los resultados de una predicción de clase A, hecha por otros, de la curva de TLT de una prueba de células de Osterberg en un pilote de excavación de 1,2 m de diámetro y 37,2 m de largo en Singapur, en comparación con un pilote adyacente con las mismas dimensiones cargadas por kentledge (balasto). Informan acerca de una diferencia del 4% en la capacidad final y

menos del 8% de diferencia en los asientos sobre el rango de carga de trabajo de 1,0 a 1,5 veces - comparable con la precisión anotada anteriormente. Su artículo tiene el título "OSTERBERG CELL TESTING OF PILES", y fue publicado en marzo de 1999 en las Actas de la Conferencia Internacional sobre el Tránsito Ferroviario, celebrada en Singapur y publicada por la Asociación de Ingenieros Consultores de Singapur.

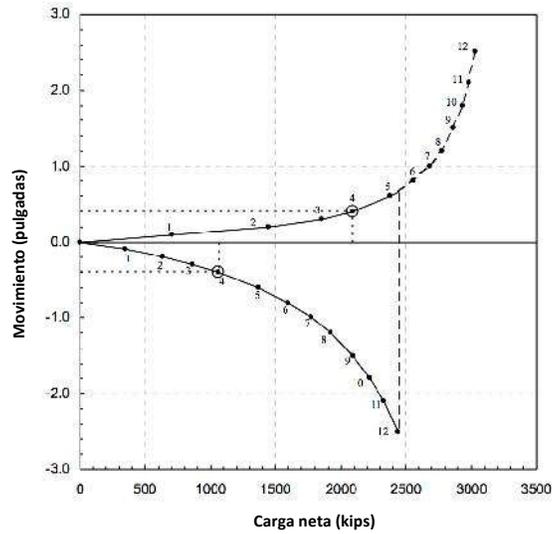
B. H. Fellenius ha realizado varios estudios de método de elementos finitos (FEM por sus siglas en inglés) de un OLT en los que ajustó los parámetros para producir una buena relación carga-deflexión con las curvas de carga-deflexión hacia arriba y hacia abajo de la OLT. A continuación, utilizó los mismos parámetros para predecir la curva de deflexión de TLT. Comparamos la curva predicha por FEM con la carga-deflexión equivalente predicha por los procedimientos de la Parte I y II previamente descritos, con los resultados comparables a la precisión anotada anteriormente. La ASCE ha publicado un artículo de Fellenius et. al. titulado "O-Cell Testing and FE Analysis of 28-m-Deep Barrette in Manila, Filipinas" en el Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 125, N° 7, julio de 1999, pág. 566. Detalla uno de sus estudios comparativos.

**Limitaciones:** El ingeniero que utilice estos resultados debe juzgar el conservadurismo o la falta de los supuestos y extrapolaciones anteriores antes de utilizar los resultados con fines de diseño. Por ejemplo, el comportamiento transitorio de falla puede producir curvas de movimiento con cambios abruptos en la curvatura (no hiperbólicos). Sin embargo, creemos que el método de ajuste hiperbólico y nuestras suposiciones utilizadas usualmente producen curvas de asiento de carga superior equivalentes razonables.

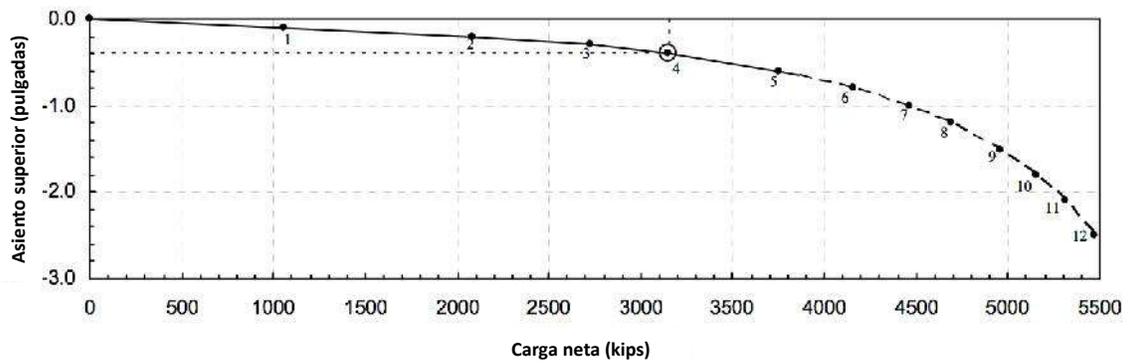
Agosto, 2000

Ejemplo de la construcción de una curva de asiento superior equivalente con carga (**Figura B**) a partir de los resultados de la prueba de Célula de Osterberg (**Figura A**)

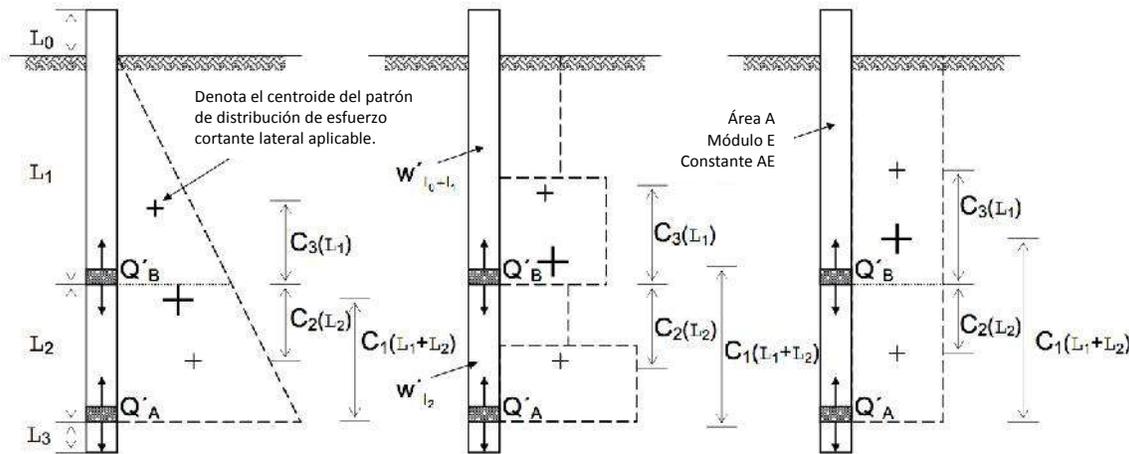
**Figura A**



**Figura B**



## Compresión elástica teórica en la prueba de O-cell basada en el patrón de esfuerzo cortante lateral desarrollado



**Prueba de un solo nivel de 1 etapa (solo Q<sub>A</sub>):**

**Prueba multinivel de 3 etapas (Q<sub>A</sub> y Q<sub>B</sub>):**

$C_3 = \frac{1}{3}$	Factor centroide = $C_3$	$C_3 = \frac{1}{2}$
$\delta_{\uparrow 1} = \frac{1}{3} \frac{Q'_{\uparrow B} l_1}{AE}$	$\delta_{\uparrow 1} = C_3 \frac{Q'_{\uparrow B} l_1}{AE}$	$\delta_{\uparrow 1} = \frac{1}{3} \frac{Q'_{\uparrow B} l_1}{AE}$
$C_2 = \frac{1}{3} \left( \frac{3l_1 + 2l_2}{2l_1 + l_2} \right)$	Factor centroide = $C_2$	$C_2 = \frac{1}{2}$
$\delta_{\downarrow 2} = \frac{1}{3} \left( \frac{3l_1 + 2l_2}{2l_1 + l_2} \right) \frac{Q'_{\downarrow B} l_2}{AE}$	$\delta_{\downarrow 2} = C_2 \frac{Q'_{\downarrow B} l_2}{AE}$	$\delta_{\downarrow 2} = \frac{1}{2} \frac{Q'_{\downarrow B} l_2}{AE}$

**Cargas netas:**

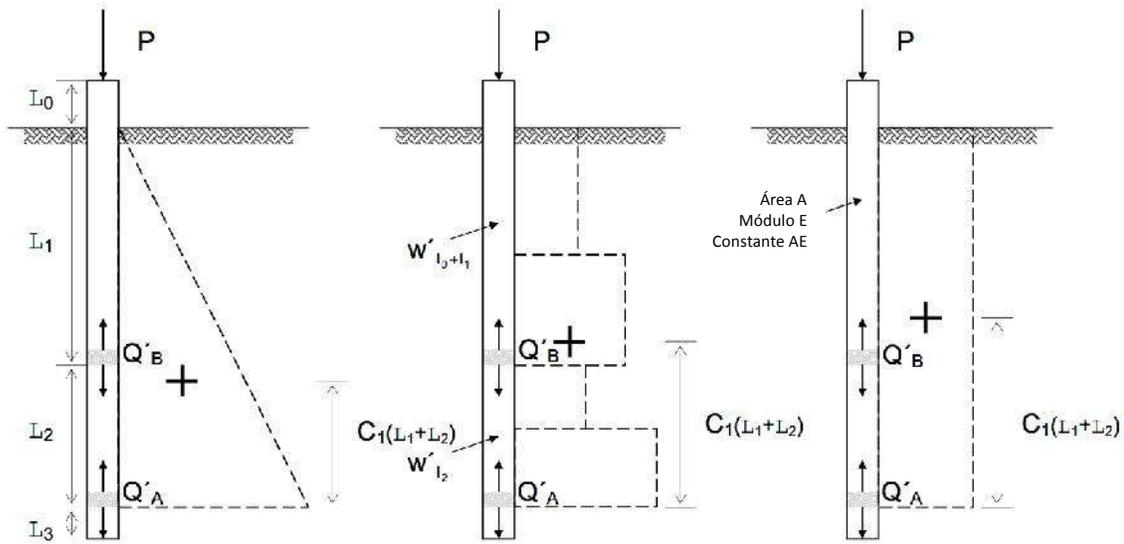
$$Q'_{\uparrow A} = Q_{\uparrow A} - w'_{l_0+l_1+l_2}$$

$$Q'_{\uparrow B} = Q_{\uparrow B} - w'_{l_0+l_1}$$

$$Q'_{\downarrow B} = Q_{\downarrow B} + w'_{l_2}$$

$W$  = peso del pilote, flotante por debajo del nivel freático

**Compresión elástica teórica en la prueba de carga superior basada en el patrón de esfuerzo cortante lateral desarrollado**



**Prueba de carga superior:**  $\delta_{TLT} = \delta_{\downarrow L_0} + \delta_{\downarrow L_1+L_2}$

$\delta_{\downarrow L_0} = \frac{Pl_0}{AE}$	$\delta_{\downarrow L_0} = \frac{Pl_0}{AE}$	$\delta_{\downarrow L_0} = \frac{Pl_0}{AE}$
$C_1 = \frac{1}{3}$	Centroid Factor = $C_1$	$C_1 = \frac{1}{2}$
$\delta_{\downarrow L_1+L_2} = \frac{(Q'_{\downarrow A} + 2P)(l_2 + l_1)}{3 AE}$	$\delta_{\downarrow L_1+L_2} = \frac{[(C_1)Q'_{\downarrow A} + (1 - C_1)P](l_1 + l_2)}{AE}$	$\delta_{\downarrow L_1+L_2} = \frac{(Q'_{\downarrow A} + P)(l_1 + l_2)}{2 AE}$

**Carga neta y equivalente:**

$$Q'_{\downarrow A} = Q_{\downarrow A} - w'_{l_0-l_1+l_2}$$

$$P_{single} = Q'_{\downarrow A} + Q'_{\uparrow A}$$

$$P_{multi} = Q'_{\downarrow A} + Q'_{\uparrow B} + Q'_{\downarrow B}$$

Cargas de componente Q seleccionadas al mismo tiempo ( $\pm$ ) OLT.

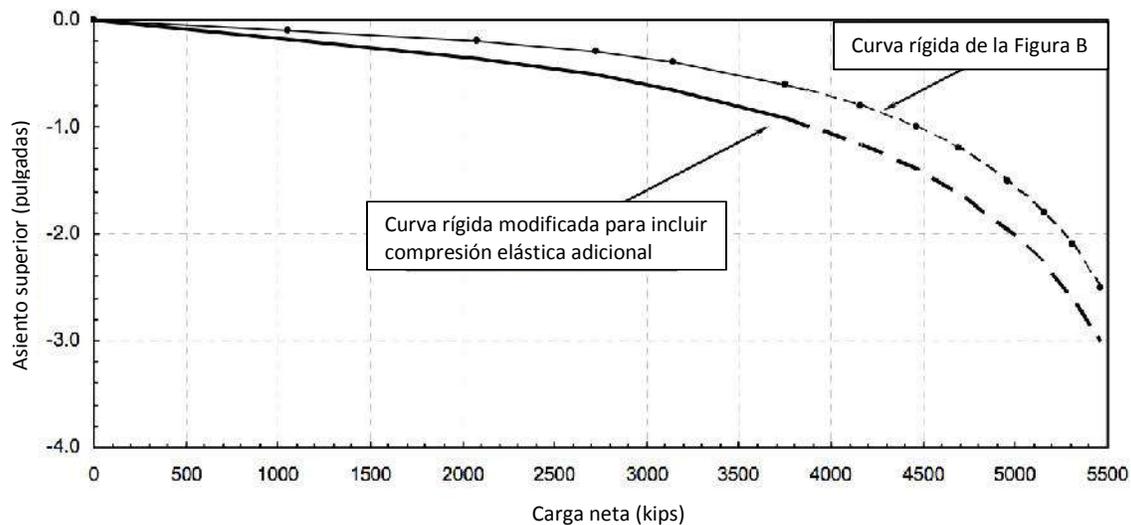
**Ejemplo de cálculo para la corrección de compresión elástica adicional para la prueba de un solo nivel (unidades inglesas)**

Dado:  $C_1 = 0.441$   
 $AE = 3,820,000$  kips (constante asumida a lo largo de la prueba)  
 $l_0 = 5.9$  pies  
 $l_1 = 30.0$  pies (longitud embebida del fuste por encima de la O-cell)  
 $l_2 = 0.00$  pies  
 $l_3 = 0.0$  pies

Factor de reducción de corte = 1.00 (suelo cohesivo)

$\Delta_{OLT}$ (in)	$Q'_{JA}$ (kips)	$Q'_{TA}$ (kips)	$P$ (kips)	$\delta_{TLT}$ (in)	$\delta_{OLT}$ (in)	$\Delta_s$ (in)	$\Delta_{OLT} + \Delta_s$ (in)
0.000	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
0.100	352	706	1058	0.133	0.047	0.086	0.186
0.200	635	1445	2080	0.257	0.096	0.160	0.360
0.300	867	1858	2725	0.339	0.124	0.215	0.515
0.400	1061	2088	3149	0.396	0.139	0.256	0.656
0.600	1367	2382	3749	0.478	0.159	0.319	0.919
0.800	1597	2563	4160	0.536	0.171	0.365	1.165
1.000	1777	2685	4462	0.579	0.179	0.400	1.400
1.200	1921	2773	4694	0.613	0.185	0.427	1.627
1.500	2091	2867	4958	0.651	0.191	0.460	1.960
1.800	2221	2933	5155	0.680	0.196	0.484	2.284
2.100	2325	2983	5308	0.703	0.199	0.504	2.604
2.500	2434	3032	5466	0.726	0.202	0.524	3.024

**Figura C**



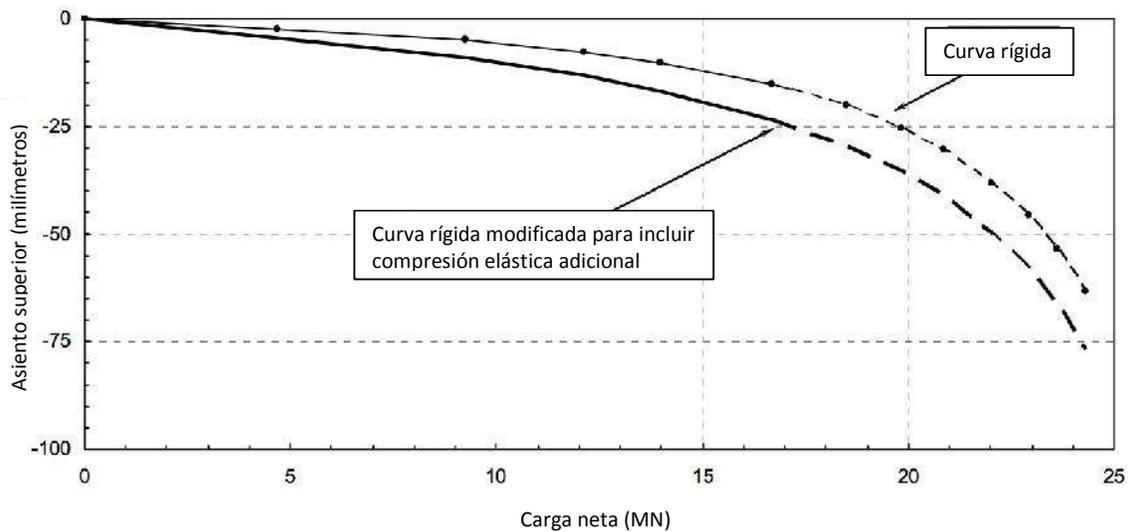
**Ejemplo de cálculo para la corrección de compresión elástica adicional para la prueba de un solo nivel (unidades SI)**

Dado:  $C_1 = 0.441 \square$   
 $AE = 17,000 \text{ MN}$  (constante asumida a lo largo de la prueba)  
 $l_0 = 1.80 \text{ m}$   
 $l_1 = 14.69 \text{ m}$  (longitud embebida del fuste por encima de la O-cell)  
 $l_2 = 0.00 \text{ m}$   
 $l_3 = 0.0 \text{ m}$

Factor de reducción de corte = 1.00 (suelo cohesivo)

$\Delta_{OLT}$ (mm)	$Q'_{\downarrow A}$ (MN)	$Q'_{\uparrow A}$ (mm)	P (MN)	$\delta_{TLT}$ (mm)	$\delta_{OLT}$ (mm)	$\Delta_8$ (mm)	$\Delta_{OLT} + \Delta_8$ (mm)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.54	1.57	3.14	4.71	3.37	1.20	2.17	4.71
5.08	2.82	6.43	9.25	6.52	2.45	4.07	9.15
7.62	3.86	8.27	12.12	8.61	3.15	5.46	13.08
10.16	4.72	9.29	14.01	10.05	3.54	6.51	16.67
15.24	6.08	10.60	16.68	12.14	4.04	8.10	23.34
20.32	7.11	11.40	18.50	13.60	4.34	9.26	29.58
25.40	7.90	11.94	19.85	14.70	4.55	10.15	35.55
30.48	8.55	12.33	20.88	15.55	4.70	10.85	41.33
38.10	9.30	12.75	22.05	16.53	4.86	11.67	49.77
45.72	9.88	13.05	22.93	17.27	4.97	12.29	58.01
53.34	10.34	13.27	23.61	17.84	5.06	12.79	66.13
63.50	10.83	13.48	24.31	18.44	5.14	13.30	76.80

**Figura D**



## Ejemplo de cálculo para la corrección de compresión elástica adicional para la prueba multinivel (unidades inglesas)

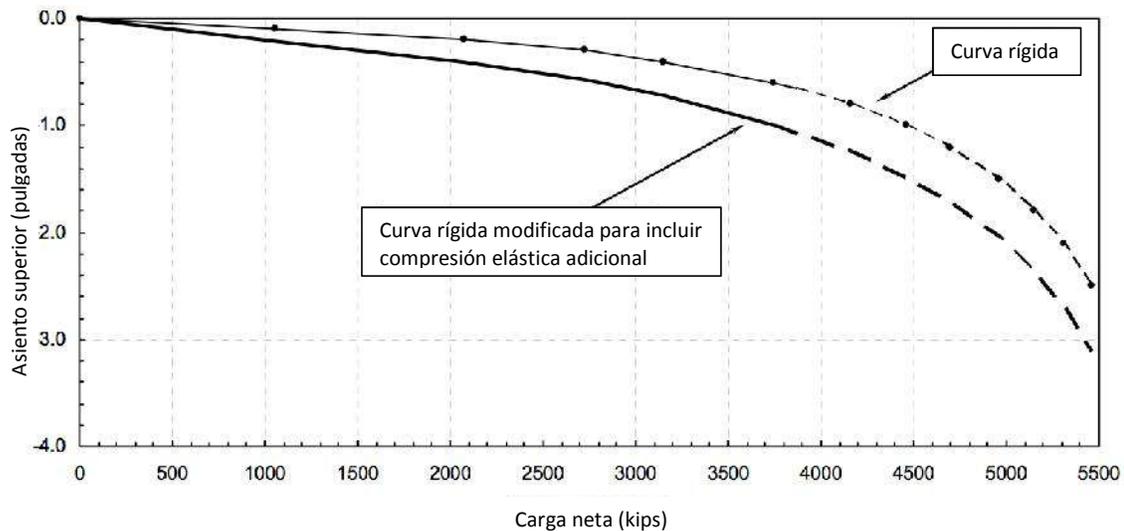
Dado:

- $C_1 = 0.441 \square$
- $C_2 = 0.579$
- $C_3 = 0.396 \square$
- $AE = 3,820,000$  kips (constante asumida a lo largo de la prueba)
- $l_0 = 5.9$  pies
- $l_1 = 30.0$  pies (longitud embebida del fuste entre O-cells)
- $l_2 = 18.2$  pies (longitud embebida del fuste entre O-cells)
- $l_3 = 0.0$  pies

Factor de reducción de corte = 1.00 (suelo cohesivo)

$\Delta_{OLT}$ (in)	$Q'_{\downarrow A}$ (kips)	$Q'_{\downarrow B}$ (kips)	$Q'_{\uparrow A}$ (kips)	$P$ (kips)	$\delta_{TLT}$ (in)	$\delta_{OLT}$ (in)	$\Delta_s$ (in)	$\Delta_{OLT} + \Delta_s$ (in)
0.000	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
0.100	352	247	459	1058	0.133	0.025	0.107	0.207
0.200	635	506	939	2080	0.257	0.052	0.205	0.405
0.300	867	650	1208	2725	0.339	0.067	0.272	0.572
0.400	1061	731	1357	3149	0.396	0.075	0.321	0.721
0.600	1367	834	1548	3749	0.478	0.085	0.393	0.993
0.800	1597	897	1666	4160	0.536	0.092	0.444	1.244
1.000	1777	940	1745	4462	0.579	0.096	0.483	1.483
1.200	1921	971	1802	4694	0.613	0.099	0.513	1.713
1.500	2091	1003	1864	4958	0.651	0.103	0.548	2.048
1.800	2221	1027	1907	5155	0.680	0.105	0.575	2.375
2.100	2325	1044	1939	5308	0.703	0.107	0.596	2.696
2.500	2434	1061	1971	5466	0.726	0.109	0.618	3.118

**Figura E**



## Ejemplo de cálculo para la corrección de compresión elástica adicional para la prueba multinivel (unidades SI)

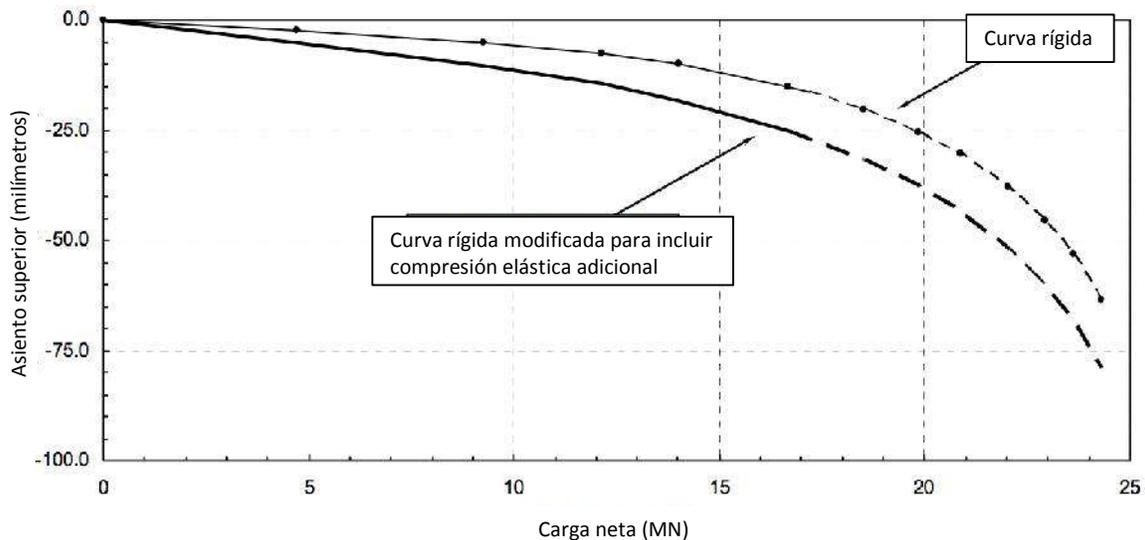
Dado:

- $C_1 = 0.441 \square$
- $C_2 = 0.579$
- $C_3 = 0.396 \square$
- $AE = 17,000 \text{ MN}$  (constante asumida a lo largo de la prueba)
- $l_0 = 1.80 \text{ m}$
- $l_1 = 9.14 \text{ m}$  (longitud embebida del fuste por encima del medio de la célula)
- $l_2 = 5.5 \text{ m}$  (longitud embebida del fuste entre O-cells)
- $l_3 = 0.0 \text{ m}$

Factor de reducción de corte = 1.00 (suelo cohesivo)

$\Delta_{OLT}$ (mm)	$Q'_{\downarrow A}$ (MN)	$Q'_{\downarrow B}$ (MN)	$Q'_{\uparrow B}$ (mm)	P (MN)	$\delta_{TLT}$ (mm)	$\delta_{OLT}$ (mm)	$\Delta_s$ (mm)	$\Delta_{OLT} + \Delta_s$ (mm)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.54	1.57	1.10	2.04	4.71	3.37	0.64	2.73	5.27
5.08	2.82	2.25	4.18	9.25	6.52	1.31	5.21	10.29
7.62	3.86	2.89	5.37	12.12	8.61	1.69	6.92	14.54
10.16	4.72	3.25	6.04	14.01	10.05	1.90	8.15	18.31
15.24	6.08	3.71	6.89	16.68	12.14	2.17	9.97	25.21
20.32	7.11	3.99	7.41	18.50	13.60	2.33	11.27	31.59
25.40	7.90	4.18	7.76	19.85	14.70	2.44	12.26	37.66
30.48	8.55	4.32	8.02	20.88	15.55	2.52	13.03	43.51
38.10	9.30	4.46	8.29	22.05	16.53	2.61	13.92	52.02
45.72	9.88	4.57	8.48	22.93	17.27	2.67	14.60	60.32
53.34	10.34	4.64	8.62	23.61	17.84	2.71	15.13	68.47
63.50	10.83	4.72	8.76	24.31	18.44	2.76	15.68	79.18

**Figura F**



## **APÉNDICE D**

### **MÉTODO O-CELL PARA DETERMINAR LA CARGA DEL LÍMITE DE FLUENCIA**

---

EQUIPOS & SERVICIOS PARA ENSAYOS DE CIMENTOS PROFUNDOS – ESPECIALISTAS EN TECNOLOGÍA DE CÉLULA DE OSTERBERG (O-CELL)

(logo) LOADTEST

**Osterberg Cell**® y **O-cell**® son marcas registradas.

**MÉTODO DE O-CELL PARA DETERMINAR UN LÍMITE DE FLUENCIA CON CARGA  
EN EL FUSTE DE CARGA SUPERIOR EQUIVALENTE (Setiembre, 2000)**

**Antecedentes:** La prueba de O-cell proporciona un método a veces útil para evaluar esa carga más allá de la cual un fuste perforado con carga superior puede experimentar un comportamiento de fluencia no deseado significativo. Nos referimos a esta carga como el "límite de fluencia", también conocido como "límite de rendimiento" o "carga de rendimiento".

Según nuestro conocimiento, Housel (1959) propuso por primera vez el método descrito a continuación para determinar el límite de fluencia. Stoll (1961), Bourges y Levillian (1988) y Fellenius (1996) proporcionan referencias adicionales. Este método también es el resultado de una larga experiencia con la prueba del presómetro (PMT por sus siglas en inglés). La Figura 8 y la sección 9.4 de ASTM D4719-94, reproducidas a continuación, muestran y describen la curva de fluencia determinada rutinariamente a partir de la PMT. La curva de fluencia muestra cómo el movimiento o deformación obtenido en un intervalo de tiempo fijo, de 30 a 60 segundos, cambia con respecto a la presión aplicada. Con frecuencia se puede detectar una ruptura distinta en la curva a la presión  $P_e$  en la Figura 8. Las deformaciones plásticas pueden llegar a ser significativas más allá de esta carga de rotura y puede producirse progresivamente una fluencia más severa.

**Definición:** De forma similar, con la prueba de O-cell usando el Método Rápido ASTM, se puede medir convenientemente el movimiento adicional que se produce durante el intervalo de tiempo final en cada paso de carga constante, típicamente de 2 a 4 minutos. Una rotura en la curva de carga vs. movimiento (como en  $P_e$  con el PMT) indica el límite de fluencia.

Normalmente se indica este límite de fluencia en la prueba de O-cell para uno o ambos componentes de corte lateral y de rodamiento de extremo, y en este documento designan los movimientos correspondientes como  $M_{CL1}$  y  $M_{CL2}$ . A continuación, combinamos los datos del límite de fluencia para predecir una carga límite de fluencia para el fuste superior cargado equivalente.

**Procedimiento si  $M_{CL1}$  y  $M_{CL2}$  están ambos disponibles:** La fluencia no puede comenzar hasta que el movimiento del fuste exceda los valores de  $M_{CL}$ . Un enfoque conservador supondría que el fluir comienza cuando los movimientos exceden el menor de los valores de  $M_{CL}$ . Sin embargo, la fluencia puede ocurrir libremente solamente cuando el fuste ha movido el mayor de los dos valores  $M_{CL}$ . A pesar de ser menos conservadores, creemos en esto último para igualar mejor el comportamiento y, por tanto, establecer el límite de fluencia como la carga en la curva de movimiento se carga superior equivalente que coincide con el mayor  $M_{CL}$ .

**Procedimiento si solo  $M_{CL1}$  está disponible:** Si no podemos determinar un límite de fluencia en el segundo componente antes de que alcance su movimiento máximo  $M_x$ , tratamos  $M_x$  como  $M_{CL2}$ . Del método anterior se puede decir que la carga límite de fluencia excede, por una cantidad desconocida, la obtenida cuando se usa  $M_{CL2} = M_x$ .

**Procedimiento si no se observa ningún límite de fluencia:** A continuación, de

---

EQUIPOS & SERVICIOS PARA ENSAYOS DE CIMIENTOS PROFUNDOS – ESPECIALISTAS EN TECNOLOGÍA DE CÉLULA DE OSTERBERG (O-CELL)

(logo) LOADTEST

Osterberg Cell® y O-cell® son marcas registradas.

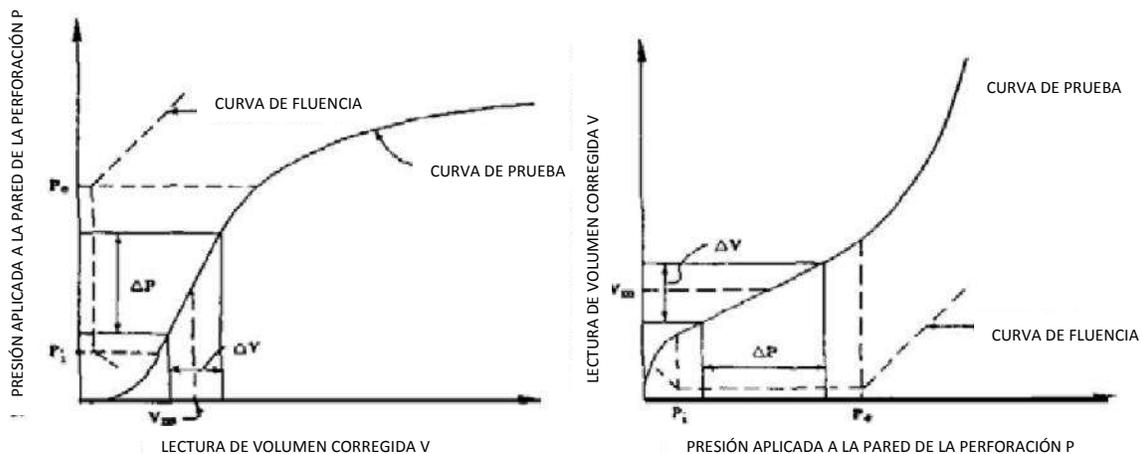
acuerdo con lo anterior, el límite de fluencia para el fuste equivalente de carga superior excederá, de nuevo en una cantidad desconocida, la carga sobre la curva equivalente que coincide con el movimiento del componente con el movimiento máximo.

**Limitaciones:** La precisión en la estimación de los límites de fluencia depende, en parte, de la dispersión de los datos en los gráficos de límite de fluencia. Cuanto más dispersa, más difícil es definir un límite. El usuario debe hacer su propia interpretación si él o ella tiene la intención de hacer un uso importante de las interpretaciones de límite de fluencia. A veces obtenemos una dispersión excesiva de los datos y no intentamos una interpretación para un límite de fluencia y lo indicaremos en el informe.

#### Extractos del ASTM D4719

#### “Metodología de prueba estándar para pruebas de presómetro en suelos”

9.4 Para el Procedimiento A, trace las lecturas de aumento de volumen ( $V_{60}$ ) entre las lecturas 30 s y 60 s en un gráfico separado. En general, se utiliza una parte del mismo gráfico, véase la Fig. 8. Para el Procedimiento B, trace la lectura de la disminución de presión entre las lecturas 30 s y 60 s en un gráfico separado. La curva de prueba muestra una sección de línea casi recta o disminución de baja presión para el Procedimiento B. En este intervalo, se puede medir un módulo de deformación constante del suelo. Más allá de la llamada presión de fluencia, las deformaciones plásticas se vuelven frecuentes.



**FIG. 8 Curvas de prueba de presómetro para Procedimiento A**

#### Referencias

Housel, W.S. (1959), “Dynamic & Static Resistance of Cohesive Soils”, ASTM STP 254, pp. 22-23.

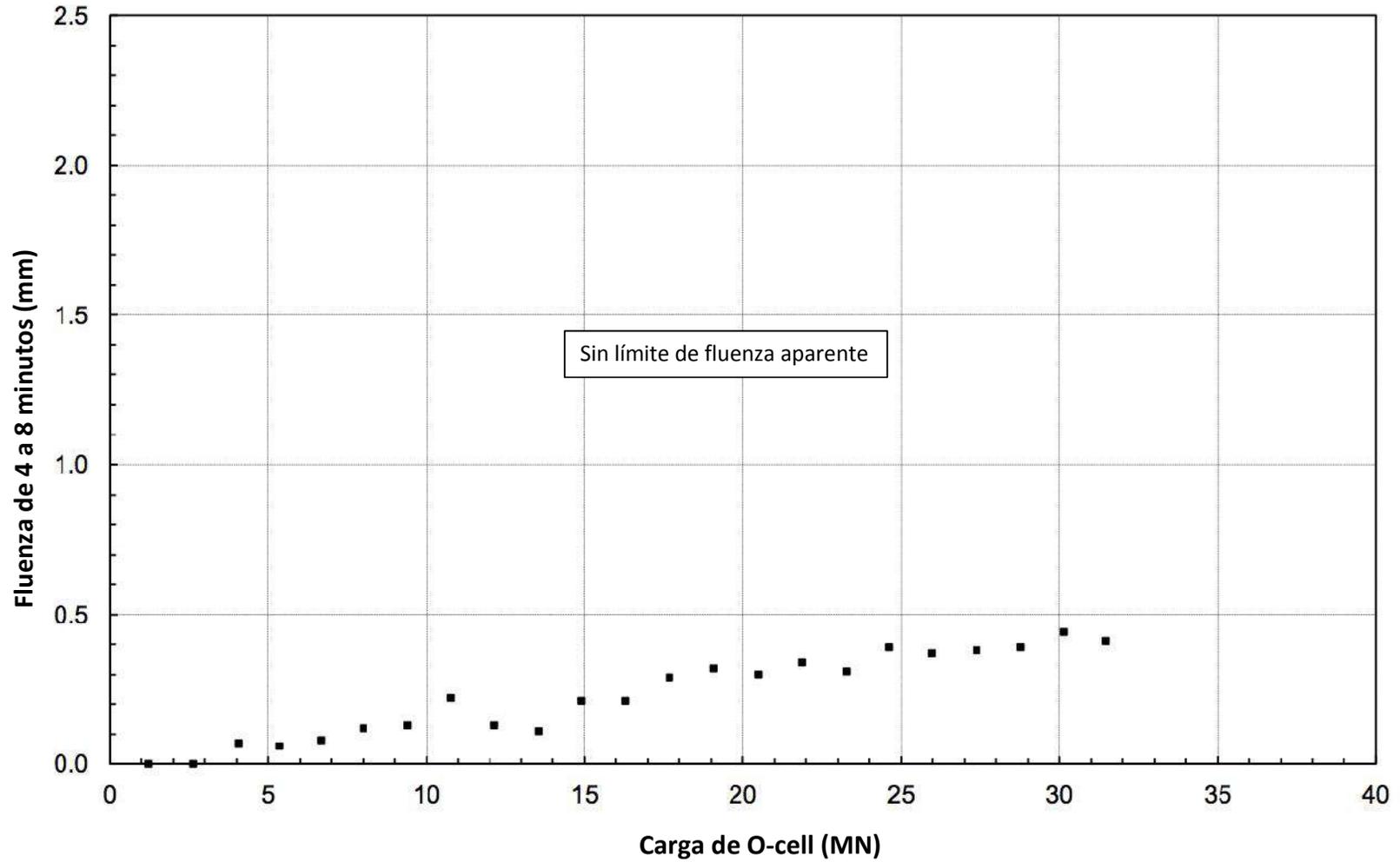
Stoll, M.U.W. (1961, Discussion, Proc. 5<sup>th</sup> ICSMFE, Paris, Vol. III, pp. 279-281.

Bourges, F. and Levillan, J-P (1988), “force portante des rideaux plans métalliques chargés verticalement,” Bull. No. 158, Nov.-Dec., des laboratoires des ponts et chaussées, p. 24.

Fellenius, Bengt H. (1996), Basics of Foundation Design, BiTech Publishers Ltd., p.79.

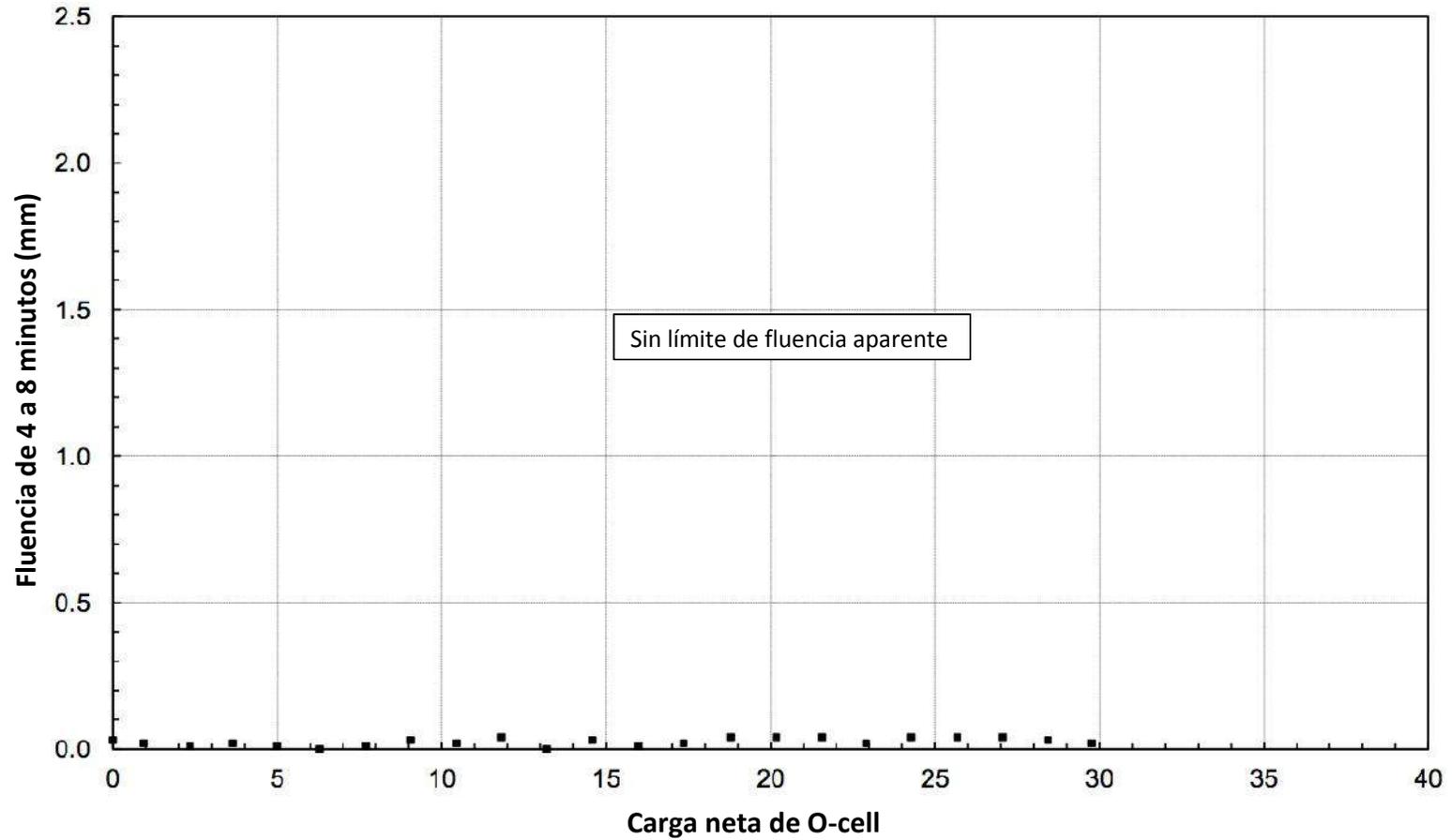
# Rodamiento de extremo combinado y límite de fluencia de corte lateral inferior

TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú



## Límite de fluencia de corte lateral superior

TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima - Lima, Perú



TP-1 - Línea 2 del Metro de Lima  
Lima, Perú (LT-1598-1)

## **APÉNDICE E**

INFORME DESCRIPTIVO DE **SONICALIPER**

## Metro de Lima - TP-1

Lima, Perú, 1/12/2016

El informe adjunto contiene los datos y el resumen de análisis para el calibrador de fuste SoniCaliper, realizado en el Metro de Lima (TP-1), Lima, Perú el jueves, 01 de diciembre de 2016 por BDH. El fuste se calibró desde una profundidad de referencia de 6,1 metros hasta una profundidad de 29,2 metros.

El volumen mínimo de hormigón se calcula en 77,1 m<sup>3</sup>, basado en el área de las secciones transversales calibradas y una profundidad de Top of Concrete (TOC) de 0,0 metros. (Tenga en cuenta que esto incluye el volumen teórico basado en un área transversal de fuste nominal entre profundidades de 29,2 metros y 30,1 metros, que no se calibró).

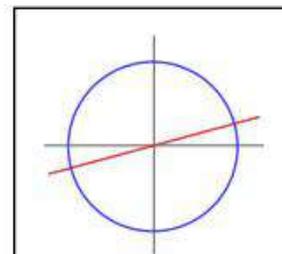
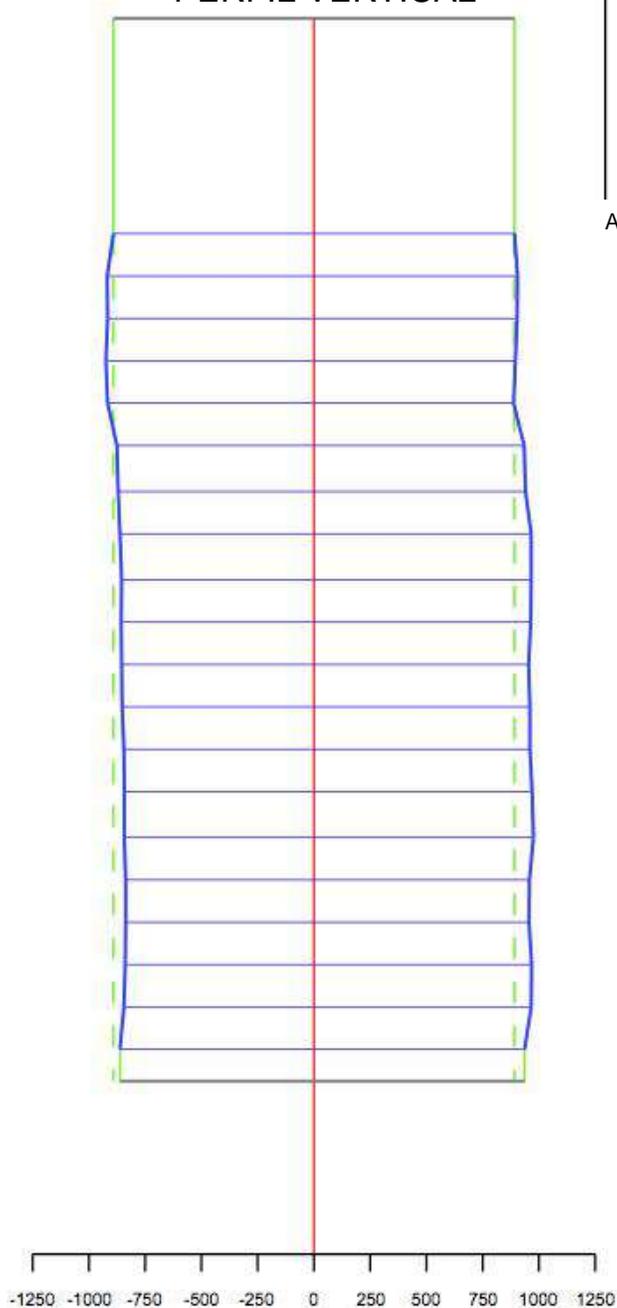
# Metro de Lima - TP-1

Lima, Perú, 1/12/2016

Profundidad (metros)

0.0  
5.0  
10.0  
15.0  
20.0  
25.0  
30.0  
35.0

## PERFIL VERTICAL

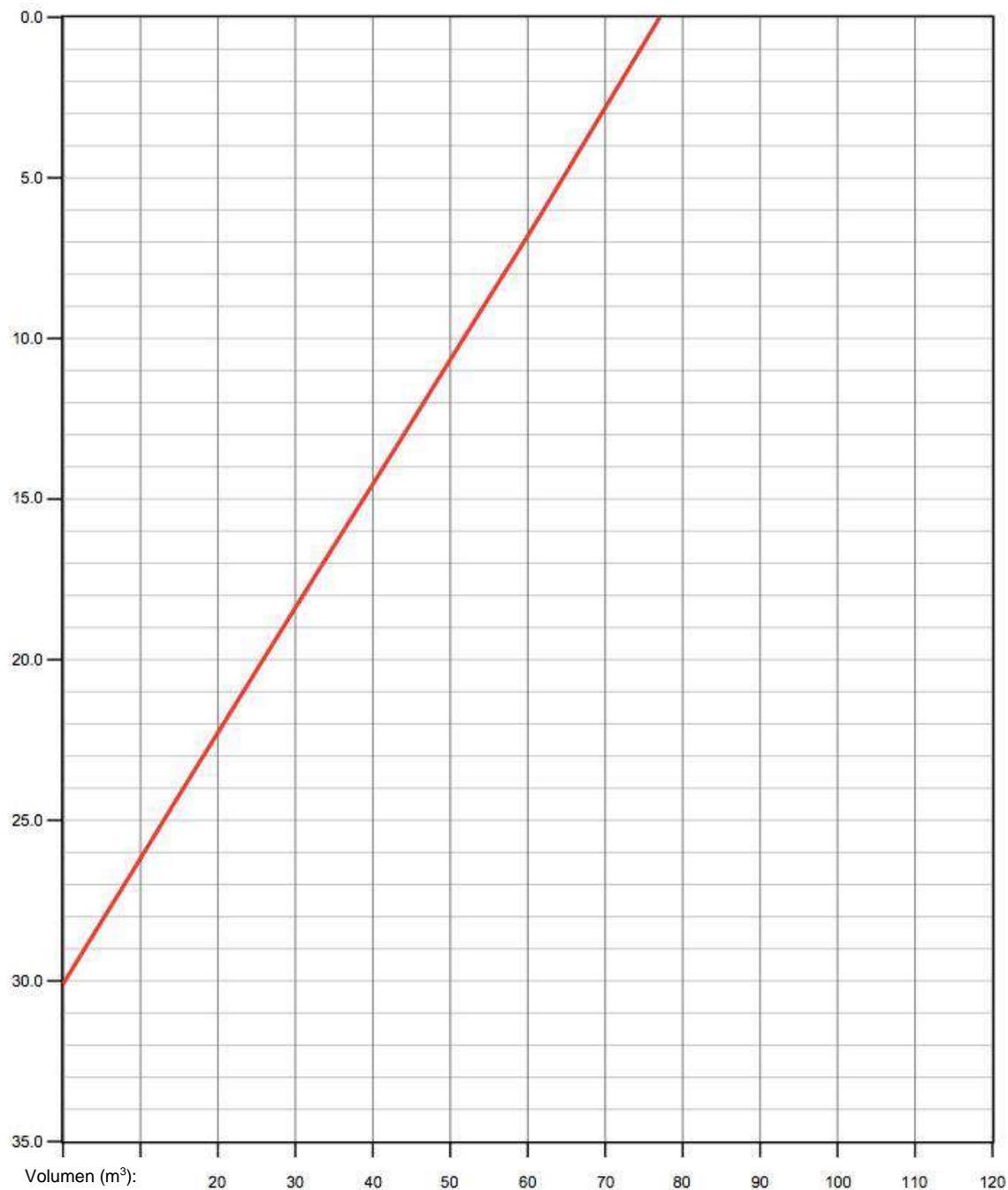


Alineación de sección 75.0°

# Metro de Lima - TP-1

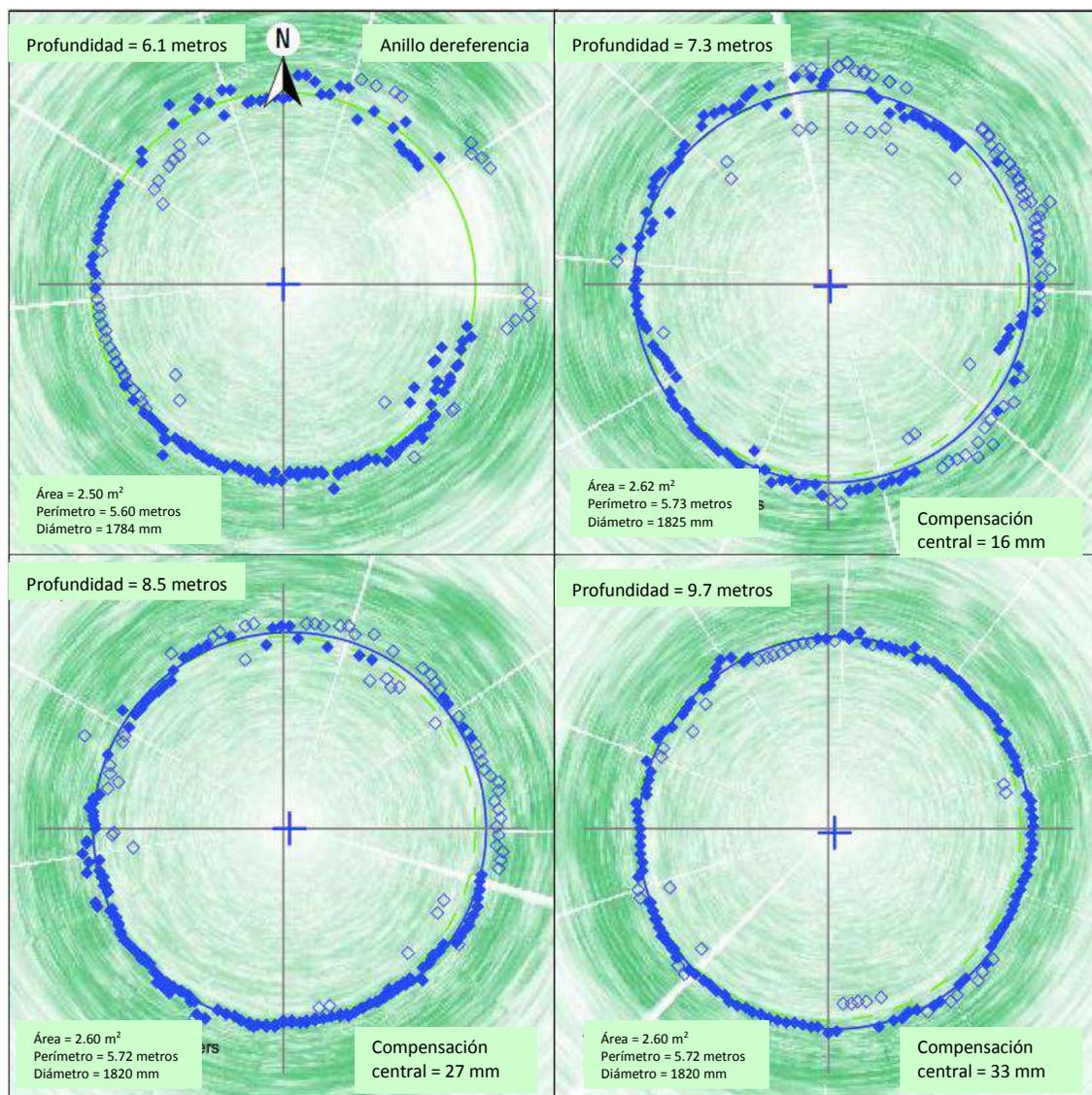
Lima, Perú, 1/12/2016

Profundidad (metros) **VOLUMEN CALCULADO DE HORMIGÓN vs. PROFUNDIDAD**



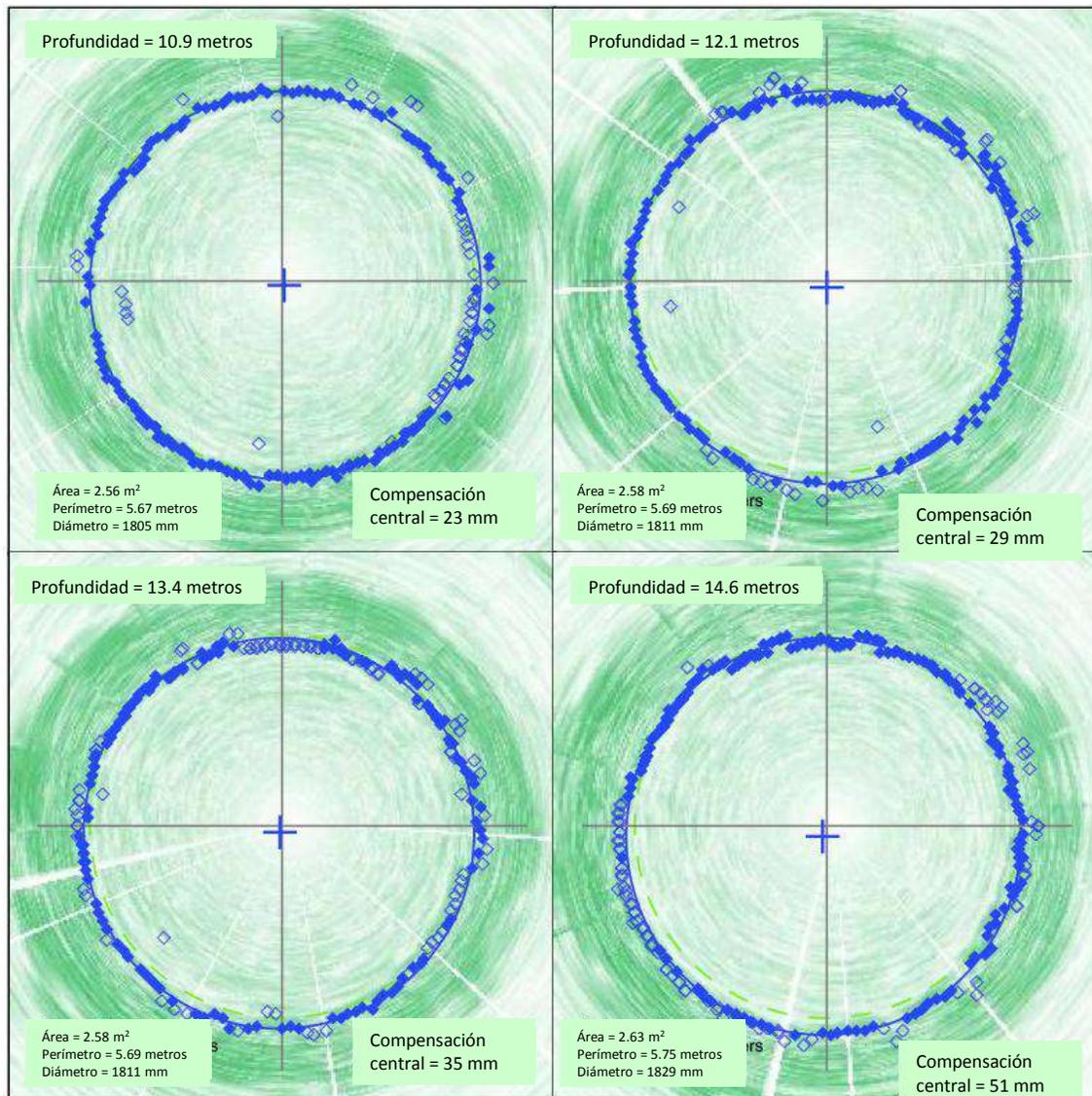
# Metro de Lima - TP-1

Lima, Perú, 1/12/2016



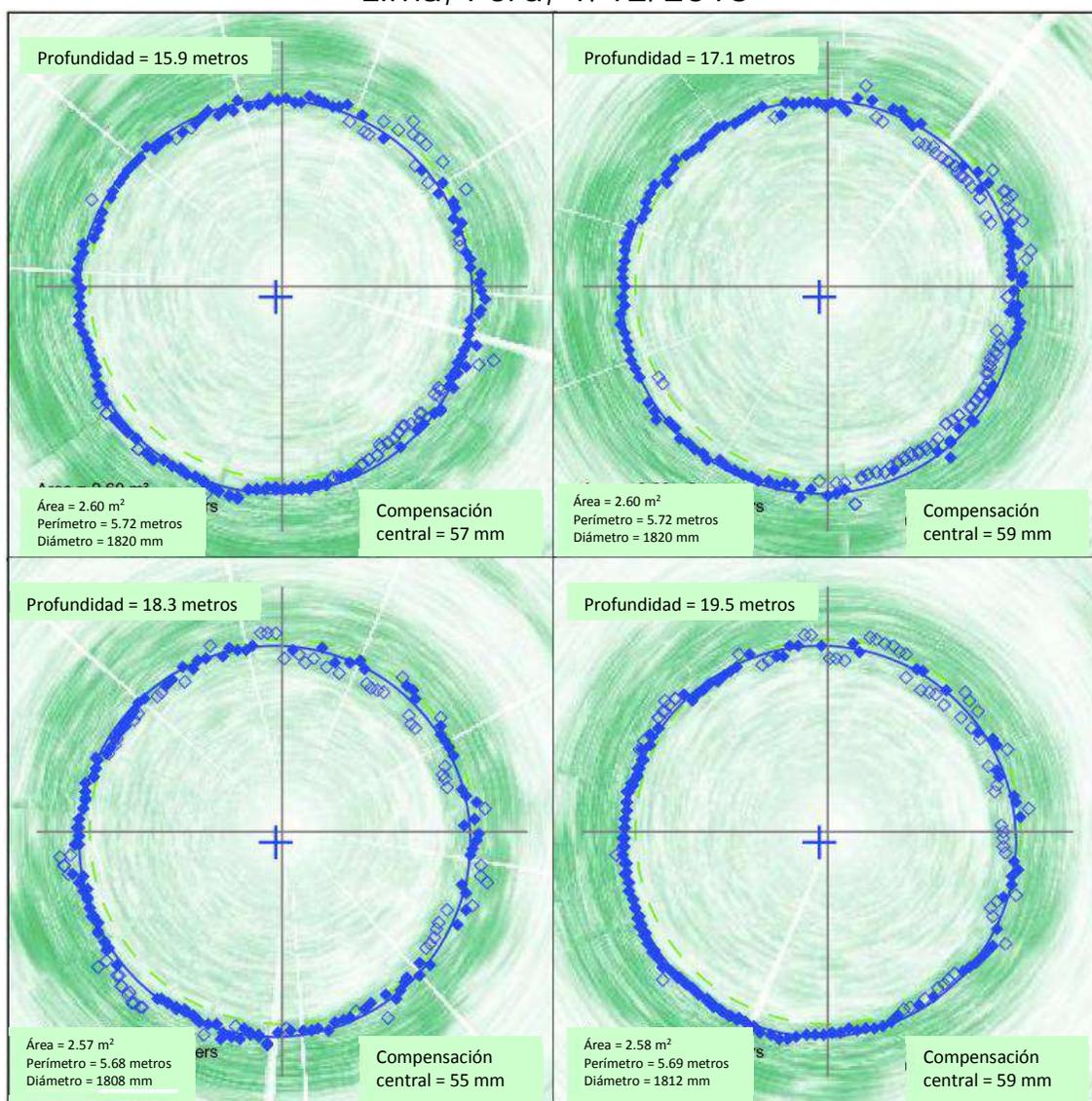
# Metro de Lima - TP-1

Lima, Perú, 1/12/2016



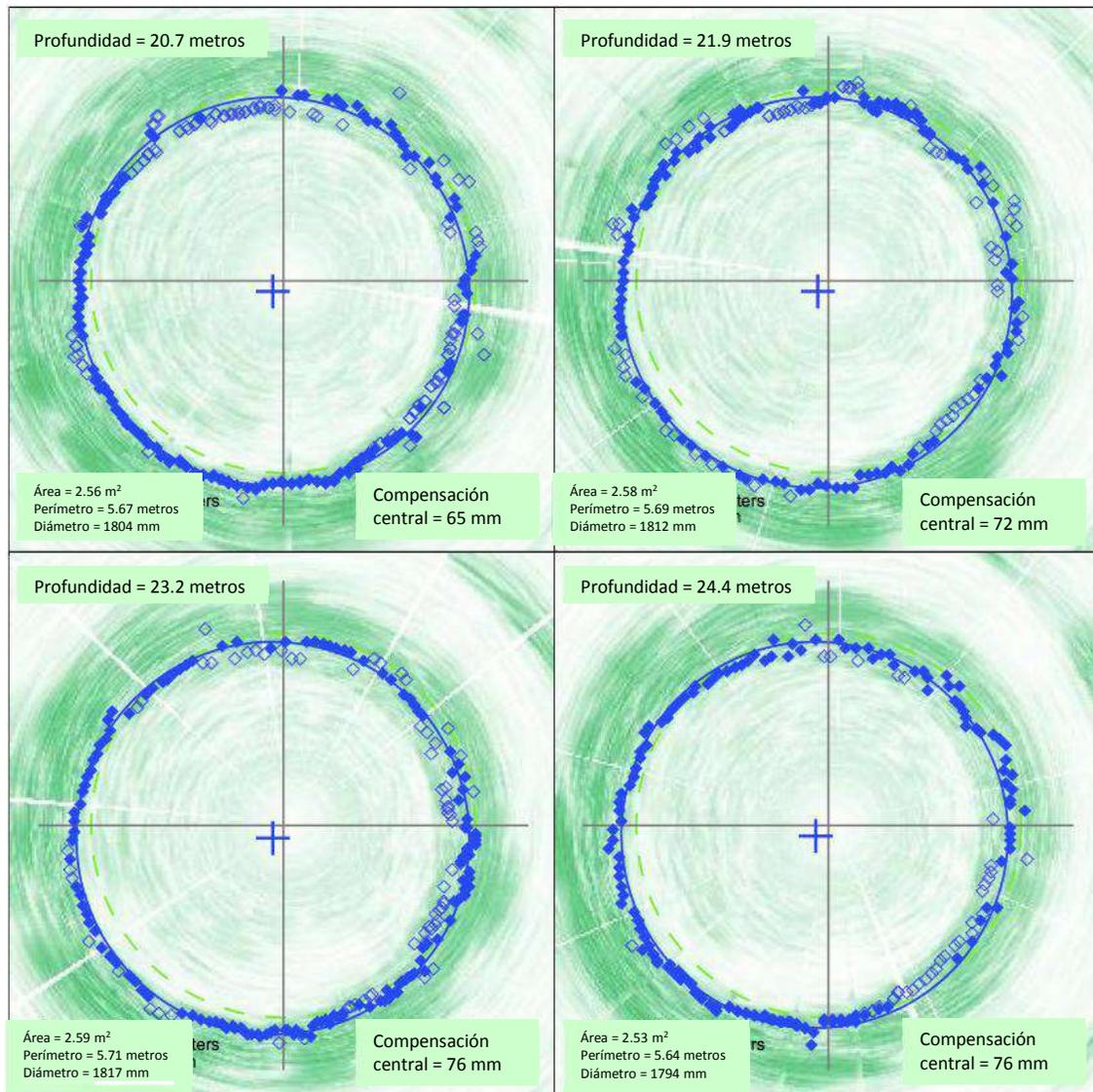
# Metro de Lima - TP-1

Lima, Perú, 1/12/2016



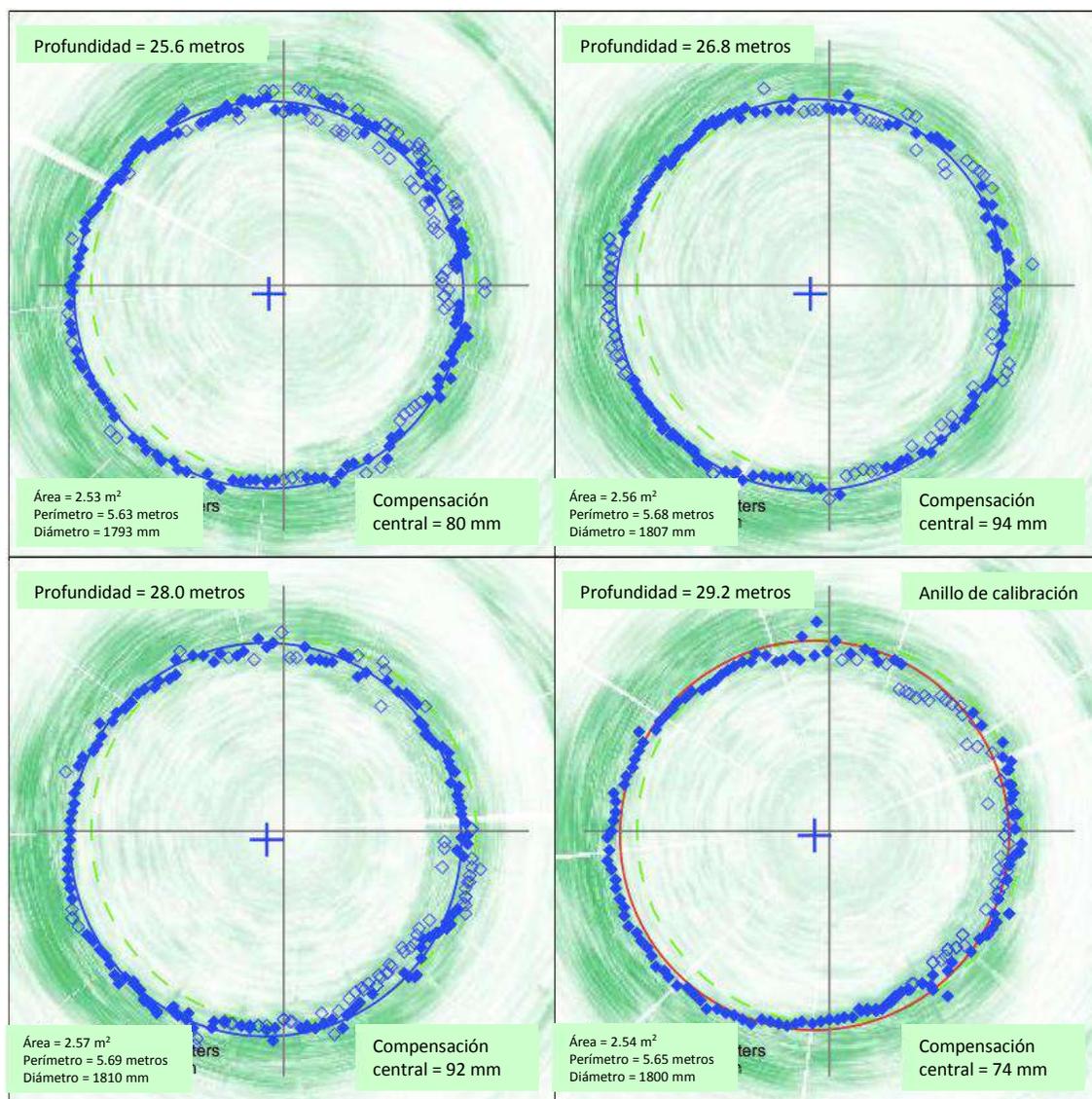
# Metro de Lima - TP-1

Lima, Perú, 1/12/2016



# Metro de Lima - TP-1

Lima, Perú, 1/12/2016



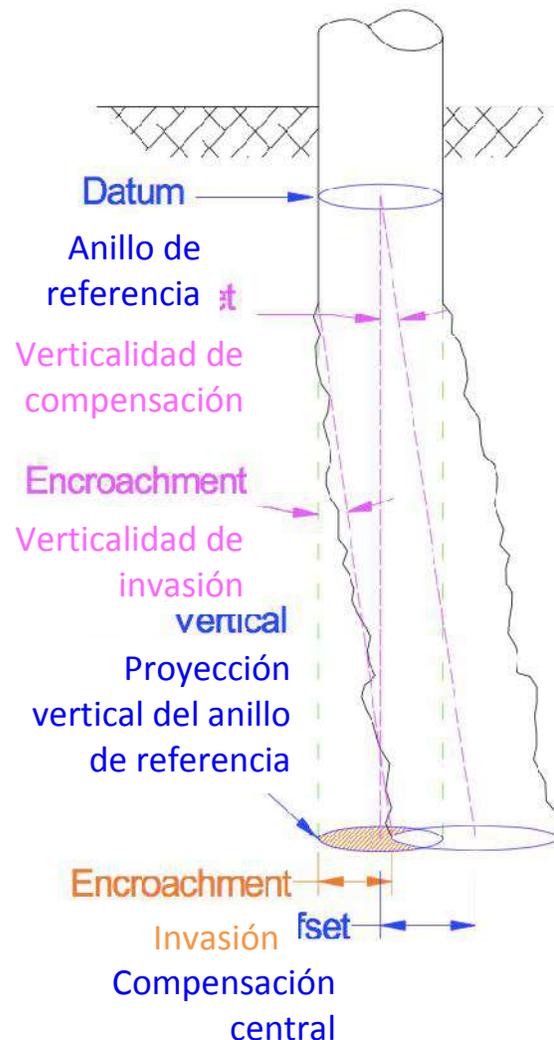
## INTERPRETACIÓN DEL REPORTE DE DATOS DE CAMPO DEL SONICALIPER

**General:** El SoniCaliper es un dispositivo s3nar perfilador, especialmente adaptado para funcionar en fluidos de perforaci3n. Cada pase de 360° generado con el dispositivo SoniCaliper produce hasta ciento veinte retornos de eco individuales (puntos de datos de perfil). En las figuras anteriores (gr3ficos de anillo de perfil), los puntos de diamante representan puntos de datos de perfil individuales. Se ajusta una forma geom3trica a los puntos de datos utilizando la t3cnica de m3nimos cuadrados no lineales (v3ase Gander et al) para aproximar el perfil transversal del fuste para la verticalidad, el per3metro y el volumen. Los diamantes huecos designan puntos rechazados que no se utilizan en el ajuste de datos.

**Despliegue:** El dispositivo se baja en la excavaci3n del fuste en profundidades progresivas. A cada profundidad, se realiza un barrido de 360° de la pared del fuste. Se supone que el dispositivo cuelga verticalmente en el fuste (cualquier desviaci3n de la verticalidad puede ser observada usando sensores de cabeceo y vaiv3n a bordo). Cualquier giro en el dispositivo con respecto a su orientaci3n inicial se compensa con br3jula y/o sensores de giroscopio.

**Calibraci3n:** Debido a que las propiedades de los fluidos de perforaci3n var3an ampliamente, se debe realizar una calibraci3n para cada fuste para determinar la velocidad de onda del fluido. Esto se hace seleccionando un anillo de perfil de di3metro conocido (fuste perforado) o longitud y ancho (panel/barrette) como el "anillo de calibraci3n". El an3lisis de datos vuelve a calcular la velocidad de onda del fluido en base a las dimensiones conocidas de este anillo. Se supone que la velocidad de onda fluida es constante sobre toda la columna de profundidad del fluido.

**Verticalidad del fuste:** Para determinar la verticalidad del fuste, se selecciona un anillo de perfil (no siempre pero normalmente el anillo de calibraci3n) como "anillo de referencia". Se comparan los centros geom3tricos del anillo de referencia y todos los dem3s anillos de perfil. La "compensaci3n central" incluida en las figuras indica la divergencia de cada punto central del anillo de perfil respecto al punto central del anillo de referencia. La "invasi3n" se representa gr3ficamente como el 3rea sombreada que representa la porci3n de la pared del fuste que invadir3 la proyecci3n perfectamente vertical del anillo de referencia a la profundidad en cuesti3n. Para fustes circulares, el valor m3ximo de invasi3n para cada anillo de perfil tambi3n se da num3ricamente. El usuario tambi3n puede optar por mostrar valores calculados para la inclinaci3n vertical del fuste entre cada anillo y el anillo de referencia, tanto para la invasi3n como para la compensaci3n central. La verticalidad se calcula como la m3xima invasi3n o compensaci3n central (la "desviaci3n") dividida entre el cambio de profundidad, y puede expresarse como un 3ngulo, un porcentaje o como una relaci3n desviaci3n:profundidad.



**Volumen calibrado:** Se determina el área de sección transversal de cada anillo de perfil y se calcula un volumen acumulativo para la porción calibrada del fuste. Tenga en cuenta que este volumen es un mínimo.

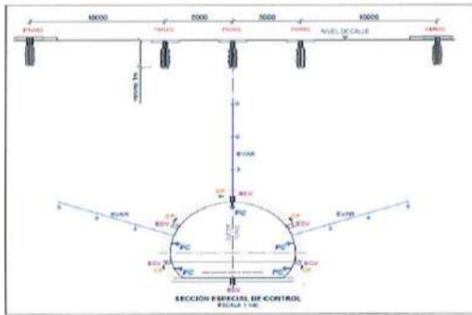
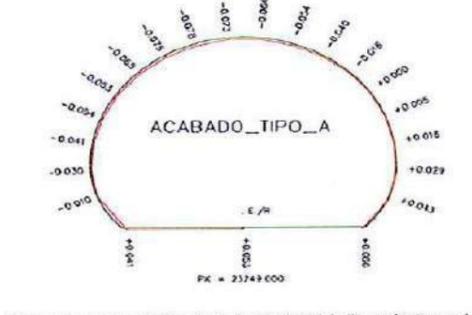
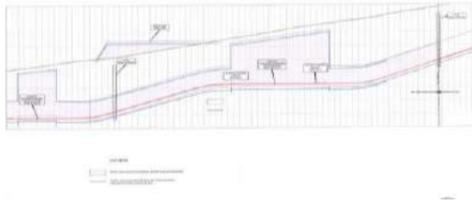


# ANEXO 3

(Matriz de No  
Conformidad del  
Proyecto – Versión  
Digital)

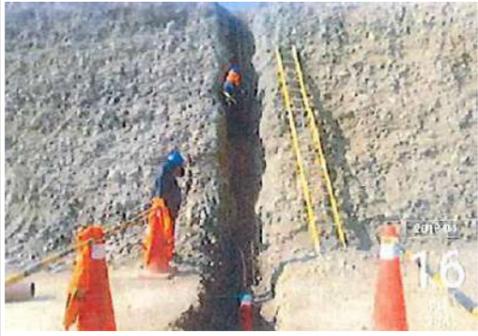
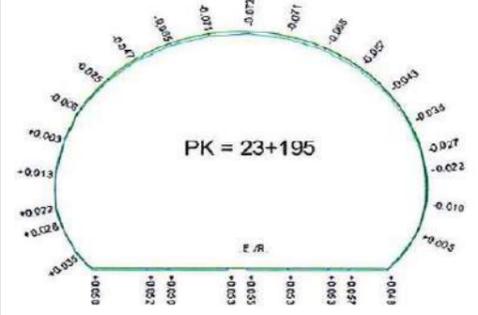
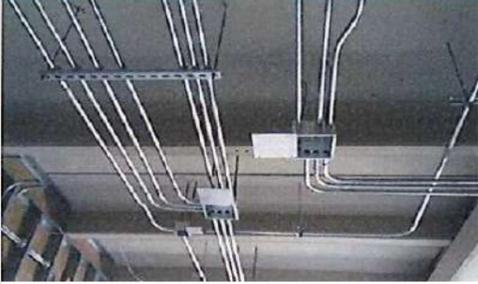
REGISTRO DE NO CONFORMIDADES

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRAFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-015	<p><b>Instalación de extensómetros de varillas en las Secciones Especiales de Control del Túnel de Línea Tramo 5 de la Etapa 1A</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> El CONTRATISTA viene instalando instrumentos de auscultación no previstos en el EDI 1A-12 aprobado próximos a las Secciones de Control del Túnel de Línea Tramo 5 de la Etapa 1A. Se han excavado más de 4000m de túnel sin haber instalado los instrumentos previstos en el EDI, no obstante, desde el mes de agosto del presente 2016, se vienen instalando instrumentos de auscultación desde la superficie (inclinómetros y extensómetros) no previstos en el EDI aprobado en mención.</p>	14-sep.-16		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Este reporte de No Conformidad no se podrá cerrar debido a que el CONTRATISTA no a cumplido con la instalación de los equipos de auscultación ( extensómetros de varillas) en su debido momento y más aún las acciones presentadas por el CONTRATISTA en colocar otros equipos no sustenta para poder cerrar la presente No Conformidad.
RNC-ABCSA-037	<p><b>No instalación de los 3 extensómetros de varilla - sección especial de Auscultación.</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Se ha instalado la sección especial de Auscultación entre las cerchas 69 y 70 (PK 0+109,8 aproximadamente), dicha sección especial corresponde aproximadamente con la ubicación de los hitos de nivelación en superficie. En la sección especial mencionada se han instalado los siguientes componentes: 4 puntos de convergencia, 1 diana de nivelación en clave, 3 celdas de presión y 3 pares de extensómetros de cuerda vibrante, no habiéndose instalado los 3 extensómetros de varilla indicados en el estudio aprobado EDI1A-13.</p>	24-mar.-17		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Este reporte de No Conformidad no se podrá cerrar debido a que el CONTRATISTA no a cumplido con la instalación de los equipos de auscultación ( extensómetros de varillas) en su debido momento y más aún las acciones presentadas por el CONTRATISTA en colocar otros equipos no sustenta para poder cerrar la presente No Conformidad.
RNC-ABCSA-062	<p><b>Desalineamiento <math>\geq 40\text{mm}</math> en el revestimiento secundario del túnel de línea entre E23 Hermilio Valdizan y E24 Mercado Santa Anita</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Realizadas las verificaciones topográficas de tolerancia dimensional del revestimiento secundario en el túnel de línea Etapa 1A entre los PK 22+700 a PK 23+250 ( o lo que es lo mismo entre E23 Hermilio Valdizan y E24 Mercado Santa Anita) se a podido determinar que existe un desalineamiento del trazo horizontal y vertical entre +20 y +60mm, por lo que llega a exceder la tolerancia de +40mm establecido en el PC 4014 en parte de este tramo verificado</p>	25-ene.-18	 <p>Esquema representativo de la desviación del alineamiento en el túnel de línea entre E23 y E24</p>	<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta en proceso de evaluación y analisis por parte del CONTRATISTA, se esta realizando el monitoreo adecuado de la zona tanto por la Supervisión como el CONTRATISTA.
RNC-ABCSA-066	<p><b>Error en BM's de referencia en Patio Taller Santa Anita Estación 24 Mercado Santa Anita y Túnel Ramal de Acceso</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Realizadas las verificaciones topograficas de los BM's (Puntos de Control Topograficos de referencia) que se utilizan para replanteos en las obras civiles en Patio Taller Santa Anita, Estación 24 Mercado Santa Anita y Túnel Ramal se puede determinar que existe un error en los valores numericos en uso. Esta situación origina que los valores de elevaciones definidas e los EDIs para las diferentes estructuras tengan una diferencia en el orden de: -6cm en toda la Estación 24 Mercado Santa Anita. Este error excede los parametros de tolerancia previstos para las obras civiles y de superestructura de vía, asimismo origina un problema de conexión con las estructuras ubicadas hacia ATE y haci el CALLAO.</p>	9-feb.-18		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta en proceso de evaluación y analisis por parte de ABCSA.

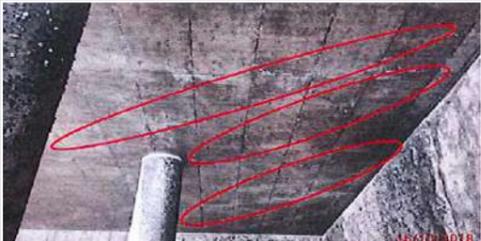
**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRAFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-073	<p><b>Realización de Trabajos de canalizaciones en talud de corte sin la documentación justificatoria</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Se verifica que se han realizado excavaciones y colocación de tubería en el talud de corte en la zona colindante al Gran Mercado Mayorista de Santa Anita contiguo al cerco perimetrico, sin la documentación que sustente dichos trabajos. En el plano ML2-CML-01A-C-020-TSAX-OCGEN-DIS-PL-8002-00 del EDI 1A-20 aprobado, no muestra esas canalizaciones ni los buzones.No se cuenta con la información de la cantidad de tuberías a instalar, ni la funcionalidad de estas instalaciones. Como proceso constructivo, para estabilizar los taludes, primero se debe construir el buzón y luego realizar la instalación de la tubería, pues cuando se constituya el buzón de la parte superior del talud este puede dañar a la tubería ya instalada.</p>	17-abr.-18		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta en proceso de evaluación y analisis por parte del CONTRATISTA, se esta realizando el monitoreo adecuado de la zona tanto por la Supervisión como el CONTRATISTA.
RNC-ABCSA-078	<p><b>Desalineamiento &gt;40mm en el Revestimiento Secundario del túnel de línea entre E23: Hermilio Valdizan y E24: Mercado Santa Anita</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Realizadas las verificaciones topográficas de tolerancia dimensional del revestimiento del túnel de Línea Etapa 1A entre el PV22 y PV24 se ha podido determinar que existe un desalineamiento que excede la tolerancia dimensional de +40mm . Asimismo excede el límite de tolerancia de +50mm indicado en los planos de sección tipo túnel convencional del EDI 1A-12, proyecto Obra Civil del tramo de túnel en cuestión . Los excesos a la tolerancia se ubican principalmente en bóveda y solera en el tramo comprendido entre la E-23 y E-24, tal y como se muestra en la siguiente sección de ejemplo que muestra el valor máximo registrado 72mm en bóveda.</p>	18-jul.-18		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta en proceso de evaluación y analisis por parte del CONTRATISTA, se esta realizando el monitoreo adecuado de la zona tanto por la Supervisión como el CONTRATISTA.
RNC-ABCSA-084	<p><b>Instalación de caja metálica, riel unistrut, abrazadera para riel y espárrago. Suministro no aprobado</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> El CONTRATISTA viene realizando la instalación de cajas metálicas, riel unistrut, abrazaderas para riel unistrut y espárragos, en las diferentes salas del Edificio de oficinas -Administrativo del PTSA. Sin embargo este material no cuenta con la aprobación de la Supervisión. El CONTRATISTA a la fecha de hoy (10/08/18) no ha presentado para revisión y aprobación de la Supervisión las fichas técnicas de esos materiales.</p>	10-ago.-18		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-085	<p><b>Instalación de diversos tipos de uniones rectas en empalmes de tuberías plásticas de 160 mm de diametro. Suministro no aprobado.</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> El CONTRATISTA ha instalado diferentes tipos de uniones rectas en los empalmes de las tuberías plásticas de 160 mm de diametro, tubos que tienen la finalidad de la conducción de cables eléctricos. Sin embargo estos materiales no cuentan con la aprobación de la Supervisión. Se han identificado materiales de los fabricantes POLITUB PERÚ y KOPLAST, entre otros. El día 08 de Agosto del 2018, el CONTRATISTA con carta N° ML2-SPV-CARTA-2018-1073: "Presentación de documentos de calidad", presentó para el EDI-1A-20 la nota explicativa N° CJV-CAL-01A-NTX-00062-18 "Solicitud de aprobación de fichas técnicas" conteniendo información sobre la tubería PEAD de 160 mm de diametro para canalización enterradas en Urbanización. En esta información el fabricante KOPLAST declara y especifica el tipo de empalme que corresponde aplicar a la tubería "Unión recta de doble campana(PP)". Actualmente esta carta se encuentra en proceso de revisión de la Supervisión.</p>	10-ago.-18		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.

**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRÁFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-089	<p><b><u>Daño de la tubería metálica en forma de pastoral y del cable de cobre trenzado y desnudo utilizado para la conexión con la malla de tierra perimetral</u></b>  <b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección de los trabajos ejecutados para el relleno de la zona 2 de la losa de cubierta de la Estación 24, se observó que los tubos metálicos, que sirven para cubrir el cable de cobre desnudo que conecta la puesta a tierra estructural con la malla a tierra perimetral a través de soldaduras eléctricas, están dañados productos de la corrosión al igual que los cables de cobre. Es de hacer notar, que esta tubería y cables de cobre estuvieron cubiertos un año. La calidad del daño observado en la tubería es evidencia que el material utilizado no cumple con el requerimiento de galvanizado en caliente para soportar las condiciones del suelo en el que será enterrado. Finalmente solicitamos nos presenten las acciones correctivas y preventivas para que no haya mas daños en el futuro. Solicitamos a la vez que habiéndose presentado la observación en la zona 2, se verifique que el resto de la losa de cubierta y de igual manera verificarse en la Estación 23, si la tubería metálica presenta el daño observado.</p>	15-ago.-18		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-093	<p><b><u>Daños a cables de cobre en la losa de fondo de la Estación Hermilio Valdizán E-23</u></b>  <b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección en la Estación 23, se observó que los cables de cobre de la malla de tierra profunda, que atraviezan la losa de fondo para su futuro empalme, fueron dañados.</p>	10-sep.-18		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-0103	<p><b><u>Presencia de fisuras en la losa de cubierta</u></b>  <b>DESCRIPCION:</b> Al realizar la inspección el día 15/10/18 en la estación 20: "Evitamiento", se observó que debajo de la losa de cubierta la presencia de fisuras, las cuales se presentan en todas las fases de la losa de cubierta, dichas fases han sido inundadas y por debajo de la losa de cubierta se ubicaron filtraciones de agua. Ante lo expuesto se solicita detallar las causas acciones preventivas y correctivas correspondientes.</p>	17-oct.-18		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-0104	<p><b><u>Instalación de cajas metálicas rectangulares y cuadradas. Suministro no aprobado</u></b>  <b>DESCRIPCION:</b> El CONTRATISTA viene realizando la instalación de cajas metálicas rectangulares y cuadradas en los ambientes del edificio de oficina y de nave taller. Sin embargo es material no cuenta con la aprobación de la supervisión. El CONTRATISTA a la fecha de hoy no ha presentado para revisión y aprobación de la supervisión las fichas técnicas y certificados de calidad de los materiales.</p>	18-oct.-18		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.

**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRAFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-0108	<p><b>Acero expuestos en muros pantalla a nivel de losa de vestibulo</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> La Supervisión ha verificado los muros pantalla a nivel de losa de vestibulo en conjunto con el área de calidad del CONTRATISTA encontrando zonas con falta de recubrimiento y contaminación con lodo bentonítico. Se aclara también que falta ejecutar la limpieza en algunas pantallas, por lo que es posible mas zonas con estos defectos. Se concluye que los siguientes muros pantallas presentan zonas con falta de recubrimiento, aceros y dados expuestos: 1, 2, 5, 8, 9, 10, 14, 16, 17, 25, 26, 30, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55. Las siguientes pantallas presentan contaminación de lodo bentonítico 20, 44, 10. Ante lo expuesto se solicita detallar las causas, acciones correctivas y preventivas correspondientes.</p>	26-oct.-18		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-0109	<p><b>Acero expuestos en muros pantalla a nivel de losa de Fondo</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> La Supervisión ha verificado los muros pantalla en la estación 20: "Evitamiento" a nivel de losa de fondo se ha detectado exposición de acero en las pantallas 02, 07, 10, 43, 47, 48, 49, 52. La verificación efectuada hasta la fecha comprende la zona entre el nivel de losa de vestibulo y losa de fondo. Se aclara también que falta ejecutar la limpieza en algunas pantallas, por lo que es posible que se detecten más zonas que presenten exposición de acero. Ante lo expuesto se solicita detallar las causas, acciones correctivas y preventivas correspondientes.</p>	26-oct.-18		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-0115	<p><b>Presencia de fisuras en losa de piso y muros del foso Edificio Material Rodante</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección de campo de los ambientes del Edificio Material Rodante del Patio Taller Santa Anita, la supervisión evidencio la presencia de fisuras de diferentes espesores en distintas zonas de la losa de piso del edificio. Asimismo se pudo evidenciar la presencia de fisuras en distintas zonas de los muros de foso del edificio en mención. Debido a este tipo de desviaciones se estan produciendo de manera reiterada, se solicita al CONTRATISTA realizar el mapeo respectivo de dichas fisuras asi como el seguimiento, diagnostico y finalmente su respectiva reparación, todos estos trabajos deberán ser evidenciados con la documentación respectiva.</p>	22-nov.-18		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-119	<p><b>Inicio de actividades referentes al tunel de lavado del PTSA sin contar con la conformidad tecnica por parte de la Supervisión.</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección en campo en la zona donde se construira el tunel de lavado del PTSA, la Supervisión pudo evidenciar que el CONTRATISTA ha iniciado las actividades correspondientes del Tunel de Lavado del PTSA sin contar con la conformidad tecnica de la documentación, ademas se indica que con carta CAR-4538-18-ABCSA-SCML-0 de fecha 13 de noviembre del 2018 la Supervisión reviso y rechazo el documento "Detalle de armado para tunel de lavado - PTSA", presentado por el CONTRATISTA con carta CAR-ML2-SPV-CARTA-2018-1575 de fecha 24 de octubre del 2018 sin obtener respuesta a la fecha, ademas en la imagen adjunta se puede evidenciar la presencia de fisuras en el elemento ya construido. Se solicita al CONTRATISTA tomar las acciones correctivas y preventivas del caso para que hechos como lo anteriormente mencionado no vuelvan a ocurrir. Se adjuntan imagenes</p>	7-dic.-18		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-120	<p><b>Presencia de fisuras en hastiales y bóveda del falso túnel y trinchera - Túnel ramal de acceso en PTSA- Etapa 1A</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante la construcción del Túnel Ramal de acceso al PTSA, entre los meses de noviembre 2016 y abril 2017, se presentaron fisuras en los hastiales del Falso Túnel y Trinchera, motivo por el cual a inicios del mes de mayo 2017 se realizo un mapeo conjunto de dichas fisuras y posterior reparación de las mismas según el Instructivo IT-5010 aprobado. Sin embargo, en posteriores inspecciones de campo se ha evidenciado nuevamente la presencia de fisuras de diferentes espesores y en distintas zonas de hastiales y bóveda del Falso Túnel y Trinchera, algunas de estas fisuras se muestran en zonas que ya fueron reparadas (Ver Fotos N° 1, 2 y 3). Se solicita al CONTRATISTA el analisis de causas y las acciones correctivas y preventivas que tomará al respecto.</p>	11-dic.-18		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.

**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRAFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO																																																																																													
RNC-ABCSA-130	<p><b>Incumplimiento de Ejecución al EDI Aprobado. Instalación de Intercalador MK2 (Discontinuo) en reemplazo del Intercalador MK6 (Continuo) Aprobado - Vía Férrea en Pilarillo PTSA</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> De acuerdo a las inspecciones realizadas hasta la fecha (24/01/19), se ha evidenciado que el CONTRATISTA viene realizando el Montaje de la Vía Férrea en Pilarillos dentro de Nave Material Rodante (TK-11) y Nave Taller Principal (TK-09, TK-10, TK-15, TK-16, TK17, TK-19) del Patio Taller Santa Anita, incumpliendo lo especificado en el EDI 1A-17 aprobado. El mismo que establece la utilización de un Intercalador Continuo compuesto por un elastómero sintético vulcanizado, reforzado con una banda de acero (Gantrex MK6) . Sin embargo el CONTRATISTA esta instalando un Intercalador Discontinuo de polímero (Gantrex MK2). Se solicita presentar las acciones correctivas del caso.</p>	25-ene.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.																																																																																													
RNC-ABCSA-136	<p><b>Irregularidades en la superficie producto de la corrosión por óxido en camisas metálicas de pila pilotes.</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> La actividad del granallado ha dejado un superficie irregular y porosa, debido a retiro de la capa de óxido producto del proceso de corrosión en las camisas metálicas.El CONTRATISTA posteriormente aplico la pintura anticorrosiva en todo el elemento d ela camisa metalica sin antes dejar emparejada la superficie metálica. Se solicita al concesionario se mantenga la misma superficie regular de las camisas metálicas provistas de fabrica a fin de que puedan ser consideradas como un material apto para un acabado arquitectonico .</p>	20-feb.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.																																																																																													
RNC-ABCSA-139	<p><b>Dimensionamiento fisico de sala de baterias, instalación de lo gabinetes de baterias y ausencia de planos de integración de especialidades</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Con respecto a las dimensionamiento fisico de sala de batería NF se encontraron las observaciones de distancia libres de separación entre gabinetes de batería (en un caso es 55 cm y en otro 90 cm) , distancias de separación desde gabinete de baterias hacia interruptor de luz y hacia pared de 24 y 30 cm respectivamente. Las puertas de gabinete no abren completamente.</p>	8-mar.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.																																																																																													
RNC-ABCSA-141	<p><b>Fisuras pasantes transversales en castillete placa Nº01 (Progresiva 18+810 al 18+840) Superestructura de vía Tramo 5</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> De acuerdo a la inspección realizada el día 15.03.19 se ha evidenciado la presencia de fisuras pasantes transversales ( de 1 a 3 mm de espesor) al castillete placa Nº01 de la vía Nº02 en las progresivas 18+818 y 18+830 aproximadamente como se muestra en las imagenes adjuntas. Se solicita al CONTRATISTA presentar las causas , acciones correctivas y preventivas del caso.</p>	18-mar.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.																																																																																													
RNC-ABCSA-145	<p><b>Tolerancias geométricas excedidas Post construcción de los castilletes de la vía férrea Túnel etapa 1A entre PV19 bis y E-20</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Realizado el control topográfico post construcción de los castilletes del túnel se evidencia que los valores obtenidos se encuentran fuera de las tolerancias geométricas ( ancho de vía, peralte, alineación, inclinación del carril establecido en el EDI 1A-15. Los tramos inspeccionados son:                      - Lado izquierdo vía 2 entre las progresivas 18+795,20 @ 18+884,35 (3 castilletes).                      - Lado Derecho vía 1 entre las progresivas 18+810 @ 18+897,50 (3 castilletes)</p>	4-abr.-19	<p>LÍNEA DE 3 METRO DE LIMA                      del P.K. 18809.30 al P.K. 18837.9 DER. VÍA IZD. VÍA1 DER.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">PUNTO COMPROBADO</th> <th rowspan="2">P. K.</th> <th rowspan="2">RADIO</th> <th colspan="2">ANCHO</th> <th rowspan="2">DIFERENCIA DE ANCHO DE VÍA (m)</th> <th rowspan="2">SEPARACIÓN DEL ANCHO DE VÍA (m)</th> </tr> <tr> <th>TEÓRICO a</th> <th>REAL b</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>18809.30</td><td>498.15</td><td>1.435</td><td>1.434</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18810.00</td><td>498.15</td><td>1.435</td><td>1.435</td><td>0</td><td>0.4</td><td></td></tr> <tr><td>18812.50</td><td>498.15</td><td>1.435</td><td>1.435</td><td>0</td><td>-0.8</td><td></td></tr> <tr><td>18815.00</td><td>498.15</td><td>1.435</td><td>1.433</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18817.50</td><td>498.15</td><td>1.435</td><td>1.435</td><td>0</td><td>0.8</td><td></td></tr> <tr><td>18820.00</td><td>498.15</td><td>1.435</td><td>1.434</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18822.50</td><td>498.15</td><td>1.435</td><td>1.433</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18825.00</td><td>498.15</td><td>1.435</td><td>1.436</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18827.50</td><td>498.15</td><td>1.435</td><td>1.433</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18830.00</td><td>498.15</td><td>1.435</td><td>1.435</td><td></td><td>0.8</td><td></td></tr> <tr><td>18832.50</td><td>498.15</td><td>1.435</td><td>1.435</td><td>0</td><td>0.0</td><td></td></tr> <tr><td>18835.00</td><td>498.15</td><td>1.435</td><td>1.435</td><td>0</td><td>0.0</td><td></td></tr> </tbody> </table>	PUNTO COMPROBADO	P. K.	RADIO	ANCHO		DIFERENCIA DE ANCHO DE VÍA (m)	SEPARACIÓN DEL ANCHO DE VÍA (m)	TEÓRICO a	REAL b	18809.30	498.15	1.435	1.434				18810.00	498.15	1.435	1.435	0	0.4		18812.50	498.15	1.435	1.435	0	-0.8		18815.00	498.15	1.435	1.433				18817.50	498.15	1.435	1.435	0	0.8		18820.00	498.15	1.435	1.434				18822.50	498.15	1.435	1.433				18825.00	498.15	1.435	1.436	1			18827.50	498.15	1.435	1.433				18830.00	498.15	1.435	1.435		0.8		18832.50	498.15	1.435	1.435	0	0.0		18835.00	498.15	1.435	1.435	0	0.0		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
PUNTO COMPROBADO	P. K.	RADIO	ANCHO				DIFERENCIA DE ANCHO DE VÍA (m)	SEPARACIÓN DEL ANCHO DE VÍA (m)																																																																																											
			TEÓRICO a	REAL b																																																																																															
18809.30	498.15	1.435	1.434																																																																																																
18810.00	498.15	1.435	1.435	0	0.4																																																																																														
18812.50	498.15	1.435	1.435	0	-0.8																																																																																														
18815.00	498.15	1.435	1.433																																																																																																
18817.50	498.15	1.435	1.435	0	0.8																																																																																														
18820.00	498.15	1.435	1.434																																																																																																
18822.50	498.15	1.435	1.433																																																																																																
18825.00	498.15	1.435	1.436	1																																																																																															
18827.50	498.15	1.435	1.433																																																																																																
18830.00	498.15	1.435	1.435		0.8																																																																																														
18832.50	498.15	1.435	1.435	0	0.0																																																																																														
18835.00	498.15	1.435	1.435	0	0.0																																																																																														

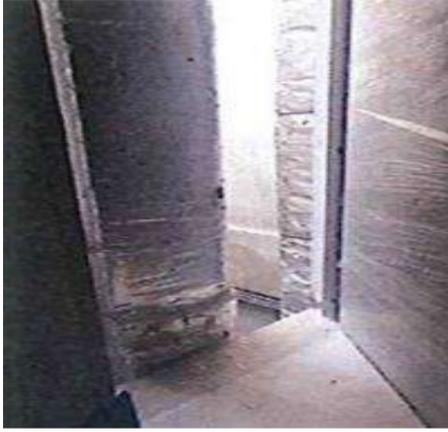
**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRÁFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-146	<p><b>Incumplimiento de la pendiente de vereda PV 23 - Inserción urbana.</b>  <b>DESCRIPCION:</b> Realizado el control topográfico post construcción de los castilletes del túnel se evidencia que los valores obtenidos se encuentran fuera de las tolerancias geométricas ( ancho de vía, peralte, alineación, inclinación del carril establecido en el EDI 1A-15. Los tramos inspeccionados son:                      - Lado izquierdo vía 2 entre las progresivas 18+795,20 @ 18+884,35 (3 castilletes).                      - Lado Derecho vía 1 entre las progresivas 18+810 @ 18+897,50 (3 castilletes)</p>	5-abr.-19		<p align="center"><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	<p>Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.</p>
RNC-ABCSA-149	<p><b>Area libre en bandejas electricas</b>  <b>DESCRIPCION:</b> En el punto 2, 070-2104 "Conductores en Canalizaciones" del CNE - se consigna lo siguiente:                      "(2) Con excepción de lo permitido en la sub regla (4), las canalizaciones no deben contener mas de 200 conductores y la suma de las secciones de los conductores y su aislamiento no deben exceder el 20% del area de sección transversal interna de la canalización".                      Sin embargo en el edificio de oficinas existen bandejas que no cumplen con lo indicado anteriormente.                      Se adjunta fotos en el anexo a la RNC.</p>	15-abr.-19		<p align="center"><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	<p>Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.</p>
RNC-ABCSA-150	<p><b>Incumplimiento de pendiente de la rejilla de toma de aire PV23 - Inserción Urbana</b>  <b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección post vaciado realizada a la vereda del PV23 perteneciente a la Inserción Urbana, se verificó que la pendiente de la rejilla de toma de aire ejecutada en obra excede a la indicada en los planos del EDI aprobado ML2-CML-01A-C-005-PV23-AAURB-DIS-PL-6503-00 Urbanización PV23, encontrando que existe un exceso de tolerancia cuyos valores en algunos casos tiene 29.4% de pendiente, cuando el plano del EDI aprobado indica 12% de pendiente.                      Se solicita al CONTRATISTA presentar las acciones correctivas y preventivas para que estos problemas no se vuelvan a presentar en obra.                      Se adjunta fotos y reporte topografico por la Supervisión.</p>	16-abr.-19		<p align="center"><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	<p>Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.</p>
RNC-ABCSA-152	<p><b>Bandeja proxima a nivel de piso: Expuesta a daños mecanicos, incumplimiento de normativas de ocupación y distancias libres de instalación.</b>  <b>DESCRIPCION:</b> Las bandejas cercanas al piso, de acuerdo al CNE-Utilización incumple:                      -070-2100: Utilización de canalización:                      "(2) No deben utilizarse las canalizaciones ni sus accesorios: Donde puedan estar sujetos a daños mecanicos".                      070-2104 "Conductores en Canalizaciones" del CNE - se consigna lo siguiente:                      "(2) Con excepción de lo permitido en la sub regla (4), las canalizaciones no deben contener mas de 200 conductores y la suma de las secciones de los conductores y su aislamiento no deben exceder el 20% del area de sección transversal interna de la canalización".                      -070-2202 Metodo de Instalación:                      "(7) Las minimas distancias de seguridad para las bandejas deben ser:                      .....                      (b)300 mm en sentido vertical desde la parte superior de la bandeja hacia los techos, ductos o equipos de calefacción y 150 mm hacia obstrucciones de corta longitud.</p>	17-abr.-19		<p align="center"><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	<p>Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.</p>

**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRAFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-155	<p><b>Obstaculos al acceso a patinillos de edificio de oficinas y taller principal</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Al abrir la puerta de acceso al patinillo nos encontramos con ductos de ventilación que no permiten el ingreso libre al patinillo. Las distancias libres a cada lado de la puerta son aproximadamente de 8 a 10 cm.</p>	3-may.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-156	<p><b>Instalación de conductos de presurización de aire en escaleras del edificio de oficinas administrativas y nave taller</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Los conductos de presurización de escaleras N°1 del edificio de oficinas administrativas y ambas escaleras del edificio de oficinas de la nave taller se encuentran en el interior de la caja y sobre la ruta de evacuación.</p> <p>1) Según el RNE A.010, Cap. 4 Escaleras Art. 27 punto e, no deben existir conductos en el interior.</p> <p>2) Según el RNE A.0130 Medios de Evacuación, Art. 12 y 13, los medios de evacuación están destinados a conducir el flujo de ocupantes hacia la vía pública en caso de siniestro y deben permanecer despejadas sin obstáculos.</p> <p>3) No hay solicitud de cambio con detalles constructivos que adecuen los planos del EDI y cumplir con ambas normas.</p>	3-may.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-159	<p><b>Presencia de fisuras en losa de concreto, en túnel de lavado, nave material rodante y nave taller</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección realizada el día 08/05/19 en el PTSA, se encontraron fisuras en la losa de concreto correspondiente al túnel de lavado automático, siendo los espesores de estas fisuras mayores a los límites que indica la norma ACI 224R (0.41mm). También se han encontrado fisuras en las losas de concreto ubicadas en los ingresos a los edificios de Nave Taller y Nave Material Rodante cuyos espesores superan los 0.8mm.</p>	10-may.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-161	<p><b>Instalación de tuberías para subsistema TVM en vestíbulo de Estación Ovalo Santa Anita</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección del día 22/05/19 se verificó la instalación sin planos o suministro aprobado de tuberías relacionadas al EDI 1A-28 "Proyecto de instalaciones ferroviarias- control de pasajeros".</p>	23-may.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.

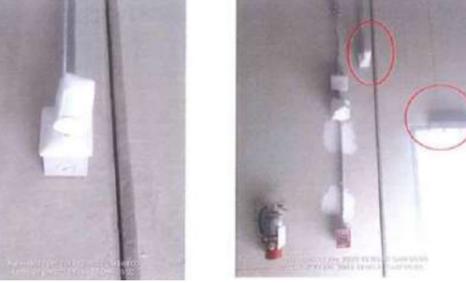
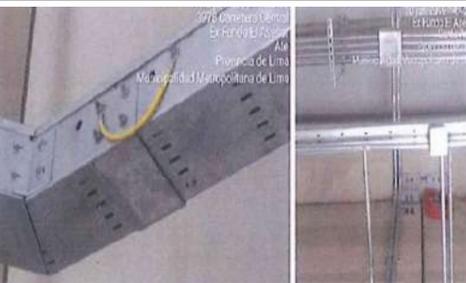
**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRAFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-162	<p><b>Presencia de Oxidación de elementos conectados al aislador de soporte</b>  <b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección realizada por la Supervisión en los exteriores del edificio técnico, se observo que los elementos como pernos, fijación y barra colectoras que van conectados al aislador de soporte, se encuentran con presencia de oxidación. Asimismo, se observaron cortes de los cables de diametro 120mm2 que se encontraban conectadas a las barras colectoras y más aún cuando en estos elementos ya se habían realizado las pruebas de malla a puesta a tierra F1-A de Patio Taller Santa Anita.</p>	24-may.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b>  <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-164	<p><b>Incumplimiento en la instalación de perfiles de acero galvanizados de sección L de 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4" que sirve de apoyo para las tapas de las canaletas</b>  <b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección realizada en la estación 22 se ha observado en los ambientes 2.19 / 2.13 de las cabinas eléctricas y sala de UPS, que el CONTRATISTA está instalando perfiles de acero negro con presencia de oxidos en su superficie incumpliendo con lo indicado en el plano ML2-CML-01A-C-011-SCOL-OCSTR-DIS-PL-9003 (Detalle 1) de la solicitud de cambio ML2-CJV-SC-SCOL-OCSTR-0010 aprobada, la cual menciona que el ángulo a instalarse debe ser un perfil de acero L "GALVANIZADO" DE SECCIÓN 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4"</p>	28-may.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b>  <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-166	<p><b>Muro Pantalla N°30: Tubo Junta Atrapada</b>  <b>DESCRIPCION:</b> El muro pantalla N°30 fue vaciado el 20/02/19, el tubo junto contiguo al muro pantalla N°31 quedo atrapado en el concreto. A pesar de los multiples intentos para retirarla, el día 05/06/19 solo se pudo recuperar 2 tramos de 3 metros cada uno. Por lo tanto, el tubo junta quedó atrapado 21 m de longitud, desde 5m a 26m de profundidad medidos de la cara superior del murete guía a 1.4m del eje E. En consecuencia, se modificó la armadura de la pantalla N°31 (vaciado el 04/06/19), se redujo la longitud prevista en los planos. Ante lo expuesto se solicita identificar las causas, acciones correctivas y preventivas correspondientes.</p>	7-jun.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b>  <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-168	<p><b>Estado de la instalación de soportes de bandejas en el interior de la nave taller (Tendido de cables en instalaciones sin liberar por parte de la supervisión, uso de soportes no aprobado y anclaje de soportes en bloque con alveolos (huecos))</b>  <b>DESCRIPCION:</b> El CONTRATISTA viene realizando el tendido de cables en bandejas que aún no cuentan con la liberación de instalación por parte de la Supervisión. Existen instalaciones de bandejas y soportes de bandejas que aún no han sido liberadas por parte de la supervisión, sin embargo, el CONTRATISTA viene realizando el tendido de cables en el interior de estas. La instalaciones involucradas se encuentran en la nave taller entre los ejes C al J y 12 al 19. Asimismo el CONTRATISTA viene realizando la instalación de soporte de bandejas que no estan aprobadas y que a la fecha no han sido presentadas a la supervisión para su revisión. Adicionalmente el CONTRATISTA ha fijado los soportes de bandejas en bloque de concreto con alveolos.</p>	20-jun.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b>  <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-169	<p><b>Reparación de fisuras transversales pasantes correspondiente a los castilletes de la vía férrea Túnel etapa 1A entre el pozo de ventilación PV19 bis y la estación E20.</b>  <b>DESCRIPCION:</b> Durante las inspecciones realizadas el día de ayer (19/06/19) se ha evidenciado que el CONTRATISTA viene realizando la reparación, sin contar con un instructivo que sea aplicable a este tipo de estructuras ( losa de concreto - vía en placa) y más aún sin contar con la aprobación de ABCSA. Es de aclarar que ABCSA mediante Carta N°CAR-5137-19-ABCSA-SCML-0 de fecha 15 de mayo 2019, ha solicitado presentar las consideraciones correspondientes antes de realizar las reparaciones de las fisuras y que a la fecha el CONTRATISTA no ha dado respuesta al respecto. Se solicita al CONTRATISTA presentar las causas, acciones correctivas y preventivas del caso.</p>	20-jun.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b>  <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.

**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRAFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-170	<p><b>Instalación de tuberías para puertas de control de pasajeros en vestíbulo de Estación Óvalo Santa Anita</b>  <b>DESCRIPCION:</b> Durante las inspección del día 17/06/19 se verificó la instalación sin planos o suministro aprobado de tuberías relacionadas al EDI 1A-28 "Proyecto de instalaciones ferroviarias - Control de pasajeros". Brindar las acciones preventivas y correctivas para que no se repita el presente hecho.</p>	20-jun.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b>  <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-172	<p><b>Fisuras pasantes transversales en la vía en placa - Estación 21 Ovalo Santa Anita 1 y 2 (Progresiva 20+520 al 20+630)</b>  <b>DESCRIPCION:</b> Durante las inspecciones realizadas el día 19/06/19 se ha evidenciado nuevamente la aparición de fisuras transversales pasantes entre las progresivas 20+520 al 20+630 correspondiente a la estación E-21 Ovalo Santa Anita, siendo los espesores de estas fisuras mayores a los límites que indica la norma ACI 224R (0.41 mm). Lo cual evidencia que no se ha tomado ninguna acción preventiva por parte del CONTRATISTA para corregir dicho defecto.</p>	21-jun.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b>  <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-177	<p><b>Equipos del sistema de control de acceso y anti-intrusión, han sido instalados sin aprobación de las especificaciones técnicas. Estos equipos no cumplen con la normativa descrita en el EDI correspondiente.</b>  <b>DESCRIPCION:</b> En los edificios de PTSA Sse han instalado equipos correspondientes al sistema de control de accesos y anti-intrusión, pero dichos equipos no cuentan con la aprobación de sus fichas técnicas y están observados por incumplimiento de la normativa. Sin embargo estos equipos ya fueron instalados en los Edificios que se listan a continuación:                      -Edificios Oficinas: Contactos magnéticos y detectores volumetricos.                      -Nave Taller Principal: Contactos magnéticos y detectores volumetricos.                      -Edificio Punto Limpio: Contactos magnéticos.                      -Edificio Control de acceso Contactos magnéticos.                      -Edificio Técnico: Contactos magnéticos y detectores volumetricos.                      -Edificio Nave Material Rodante: Contactos magnéticos y detectores volumetricos.                      -Edificio de Limpieza: Contactos magnéticos.</p>	28-jun.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b>  <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-178	<p><b>Uso de conectores distintos a los aprobados para empalmes</b>  <b>DESCRIPCION:</b> En los edificios de PTSA Sse han instalado equipos correspondientes al sistema de control de accesos y anti-intrusión, pero dichos equipos no cuentan con la aprobación de sus fichas técnicas y están observados por incumplimiento de la normativa. Sin embargo estos equipos ya fueron instalados en los Edificios que se listan a continuación:                      -Edificios Oficinas: Contactos magnéticos y detectores volumetricos.                      -Nave Taller Principal: Contactos magnéticos y detectores volumetricos.                      -Edificio Punto Limpio: Contactos magnéticos.                      -Edificio Control de acceso Contactos magnéticos.                      -Edificio Técnico: Contactos magnéticos y detectores volumetricos.                      -Edificio Nave Material Rodante: Contactos magnéticos y detectores volumetricos.                      -Edificio de Limpieza: Contactos magnéticos.</p>	28-jun.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b>  <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-179	<p><b>Instalación Electromecánica en cuarto técnico de baterías y sala de baterías: Patio Taller Santa Anita</b>  <b>DESCRIPCION:</b>                      1. Fijación del artefacto de iluminación; en obra se fijo al techo mediante cuerdas de acero.                      2. Bandeja eléctrica; se han instalado bandejas ventiladas.                      3. Tubería metálica flexible asociado a la alimentación de lámparas; instalada entre caja de paso y artefacto de iluminación.                      4. Tuberías asociadas a la alimentación de condensador y evaporador.                      5. Caja de paso; se han instalado cajas troqueladas, no troqueladas y cajas conduit.                      6. Sello de prueba de explosión.                      7. Enlace equipotencial.                      8. Interruptor de iluminación.                      9. Lavaojos                      10. Otros; En el interior del cuarto técnico de baterías( Edificio Taller principal), se han instalado tomacorrientes de acuerdo a especificaciones del EDI 1A-20. Las especificaciones no contemplan el uso de estos tomacorrientes en ambientes peligrosos.</p>	8-jul.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b>  <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.

**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRAFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO																																										
RNC-ABCSA-180	<p><b>Muro Pantalla N°48: Tubo Junta atrapada</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> El muro pantalla N°48 fue vaciado el 04/07/19, el tubo junta contiguo al muro pantalla N°47 quedo atarapada por el concreto. A pesar de los intentos para retirarla, el día 05/07/19 no se pudo recuperar , quedando el tubo junta de 12 m de longitud embebida en el interior del muro pantalla.</p>	11-jul.-19		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.																																										
RNC-ABCSA-181	<p><b>Incumplimiento del CNE-Utilización: Cielo raso continuo de drywall en techos. No permite el acceso a bandejas, tuberías y cajas de paso para facilitar la instalación y retiro de conductores y mantenimiento del sistema eléctrico. Edificios de PTSA EDI 1A-20</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Algunos ambientes de los edificios de PTSA (se listan abajo), presentan instalaciones eléctricas ubicadas encima de un falso cielo raso continuo de drywall, quedando atrapadas entre el techo de concreto y el falso cielo raso. Esta solución no permite una libre accesibilidad a ls bandejas eléctricas y sus soportes, tuberías, cajas de paso y circuitos eléctricos que posibilite la instalación, retiro de conductores y mantenimiento del sistema, según lo solicitado por el CNE-Utilización.</p>	26-jul.-19		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.																																										
RNC-ABCSA-182	<p><b>Incompatibilidad de metales en cajas de registro de puesta a tierra</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Se estan utilizando metales incompatibles en los buzones de puesta a tierra, tanto en Urbanizacion de Patio Taller como en superficie de las estaciones. La incompatibilidad se presenta en el uso de una barra de cobre en contacto con pernos de acero zincado.</p>	31-jul.-19	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Acero</th> <th>Aluminio</th> <th>Cobre / NIRO</th> <th>Titanio</th> <th>Estaño</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>Acero (Zn)</th> <td>si</td> <td>si</td> <td>no</td> <td>si</td> <td>si</td> </tr> <tr> <th>Aluminio</th> <td>si</td> <td>si</td> <td>no</td> <td>si</td> <td>si</td> </tr> <tr> <th>Cobre</th> <td>no</td> <td>no</td> <td>si</td> <td>si</td> <td>no</td> </tr> <tr> <th>NIRO</th> <td>si</td> <td>si</td> <td>si</td> <td>si</td> <td>si</td> </tr> <tr> <th>Titanio</th> <td>si</td> <td>si</td> <td>no</td> <td>si</td> <td>si</td> </tr> <tr> <th>Estaño</th> <td>si</td> <td>si</td> <td>si</td> <td>si</td> <td>si</td> </tr> </tbody> </table> <p align="center">Tabla 5. Compatibilización electroquímica en metales</p>		Acero	Aluminio	Cobre / NIRO	Titanio	Estaño	Acero (Zn)	si	si	no	si	si	Aluminio	si	si	no	si	si	Cobre	no	no	si	si	no	NIRO	si	si	si	si	si	Titanio	si	si	no	si	si	Estaño	si	si	si	si	si	CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
	Acero	Aluminio	Cobre / NIRO	Titanio	Estaño																																											
Acero (Zn)	si	si	no	si	si																																											
Aluminio	si	si	no	si	si																																											
Cobre	no	no	si	si	no																																											
NIRO	si	si	si	si	si																																											
Titanio	si	si	no	si	si																																											
Estaño	si	si	si	si	si																																											
RNC-ABCSA-183	<p><b>Degradación del grado de protección "IP" de las luminarias instaladas en diferentes edificios del Patio Taller Santa Anita</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> El CONTRATISTA ha instalado luminarias en diferentes edificios del patio Taller, sin considerar los Metodos de Instalación especificados por el fabricante en sus catalogos tecnicos aprobados por la Supervisión. Ver anexo 1.</p>	2-ago.-19		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.																																										
RNC-ABCSA-184	<p><b>Sistema de bombeo de aguas residuales en PTSA montaje del sistema electrico sin planos de detalle constructivo y materiales diferentes al EDI aprobado</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> CML2 viene ejecutando tres sistemas de bombeo de aguas residuales en PTSA, sin embargo: 1. La primera, en la parte externa junto al edificio de Material Rodante 2. La segunda en el interior del edificio de Nave Taller. 3. La tercera en Urbanización Sin embargo CML2 no ha presentado para revisión y aprobación los planos de detalle constructivo del sistema electrico asociado al sistema de bombeo de aguas residuales. Ver anexo 1.</p>	6-ago.-19		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.																																										

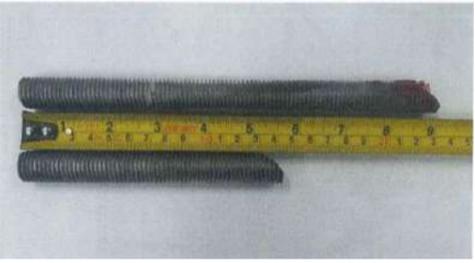
**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRÁFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-185	<p><b>Reducción de la cuantía de acero en viga capitel de la losa de cubierta Fase 4</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> El plano ML2-CML-01B-C-0009-SSJD-DIS-PL-2409-00 del EDI muestra en el detalle de las vigas capitel de la losa de cubierta horquillas verticales de 3/4" distanciadas cada 10 cm a lo largo de esta. Lo observado en el detalle son orquillas verticales de 3/4" distanciadas cada 20cm en la Fase 4 para el vaciado de losa de cubierta enter los ejes 1 y 3 a lo largo de los ejes B y D.</p>	12-ago.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-188	<p><b>Instalación de perno de anclaje en la superestructura de vía en placa, distintos de los aprobados y especificaciones en el EDI 1A-15 progresiva PK 23+000</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección realizada por la supervisión en el tramo comprendido entre las estación E24 y pozo PV-23 (Progresiva PK 23+000) se ha evidenciado que el CONTRATISTA esta instalando materiales ( pernos de anclaje 335mm), distintos a los aprobados y especificados en el EDI 1A-15 (perno de anclaje AS M27x290 Vossloh), y más aún, el CONTRATISTA no ha presentado las fichas técnicas, certificados de calidad para revisión y aprobación de la supervisión.</p>	16-ago.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-189	<p><b>Vaciado de concreto no continuo en fijaciones Vossloh 336 de la vía en placa entre Estación E-20 y Pozo PV9 bis Via 2 ( Progresiva 19+186 al 19+213)</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección realizada el día 14/08/19, se ha evidenciado que el CONTRATISTA ha realizado trabajos no autorizados, ni aprobados por la supervisión en dos (02) fijaciones Vossloh 336, entre la Estación E-20 y Pozo PV19 bis (Progresivas PK 19+183 al 19+213, vía 02, paño14). Los trabajos que realizado el CONTRATISTA son vaciados de concreto discontinuo en la fijaciones vossloh 336, notandose la presencia de juntas frías, incumpliendo el procedimiento constructivo PC-4022 Montaje de superestructura de vía férrea en túnel de línea aprobado. El cual indica que el vaciado de concreto correspondiente a la losa de vía en placa debe ser monolítico.</p>	16-ago.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-190	<p><b>Enchape de baldosas de terrazo con tonalidades dierentes</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> En las estaciones 21 y 22 se vienen ejecutando los trabajos de enchape de baldosas terrazo, observando lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estación 21- Ovalo Santa Anita: Al realizar la inspección conjuntamente con el ingeniero de calidad del concesionario, el día 06/08/19, se observó en la zona paga, no paga y los ambientes operativos de losa de vestíbulo, el enchape piezas de terrazo con distintas tonalidades de color, manteniendose esta diferencia aun luego de realizarse el pulido y acabado final de las piezas, tal como podeos evidenciar en el ambiente "Boletería".</li> <li>- Estación 22: Colectora Industrial: Al iniciar la actividad de enchape de baldosas de terrazo se evidenció diferentes tonalidades en las piezas instaladas, por lo que se ha indicado al CONTRATISTA el cambio de las piezas observadas a fin de tener un ambiente uniforme en tonalidad, sin embargo, a la fecha los trabajos se vienen ejecutando sin considerar lo antes descrito. Se requiere uniformidad de las piezas para continuar con el fraguado y teniendo como precedente lo sucedido en la estación 21.</li> </ul> <p>De las observaciones expuestas, se evidencia que el CONTRATISTA no ha realizado un adecuado control de calidad tal como lo menciona en las especificaciones técnicas de EDI 1A-11 aprobado parrafo 31.4 Control de Calidad : "A su llegada a obra se comprobará que las baldosas del tipo, aspecto, acabado superficial y dimensiones se refiere, sin presentar roturas y manchas", al presentarse piezas de terrazo que han sido colocadas con diferentes aspectos ocasionando que la estética acorde con los pisos no muestre una calidad arquitectonica adecuada para la estación. Asimismo lo instalado no cumpliría con los criterios del check list de verificación del protocolo de liberación respectivo.</p>	16-ago.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-191	<p><b>Inadecuado tipo de cemento para el concreto de muro de acceso 2</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Al realizar la inspección del vaciado d concreto el día 17/09/19 en la estación 20: "Evitamiento", se observó que en un tramo del acceso 2 (PLANO: ML2-CML-01A-C-006SEVT-OCSTR-DIS-PL-2806-03), se estaba vaciando un concreto que no cumplia con las características adecuadas, ya que según el cuadro de tipología de concreto reforzado y reforzado de las notas generales de estructuras permanentes, los muros y losas de acceso tienen una exposición de calse XC2+XA2 (PLANO: ML2-CML-01A-C-0006-SEVT-OCSTR-DIS-PL-2101-03), por lo tanto están expuestos a un ambiente húmedo de agresividad moderada, debiendo emplearse un concreto con cemento tipo IP, que es el adecuado para el tipo de exposición mencionado. Luego de la observación realizada por la Supervisión a los respectivos encargados del CONTRATISTA, se sugiero retirar el concreto ya vaciado ( aprox. 10m3), lo cual no se realizó vaciando el volumen restante con el concreto adecuado, pero permaneciendo el cvolumen ya vaciado dentro de la estructura.</p>	23-sep.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.

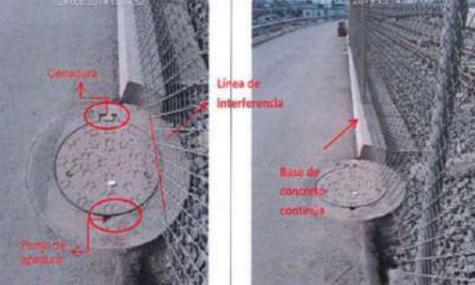
**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRÁFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-192	<p><b>Inadecuada instalación de las barras roscadas M16 para fijación de soportes de pasarelas de evacuación entre el pozo PV-19 Bis hasta la Estación E-23 Hermilio Valdizan</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección de los trabajos de instalaciones de pasarelas de evacuación realizada el día de 30/09/19 comprendidas entre la estación E-23 y la Estación E-22 , seha evidenciado lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-La perforación de los taladros no cuentan con la longitud aprobada (150 mm).</li> <li>-No se ha realizado la limpieza del taladro (aspirado) antes de colocar la resina HIT-RE 500.</li> <li>-Las barras roscadas M16 a instalar no cumplen con la longitud aprobada (220mm).</li> <li>-Las barras roscadas M16 una vez instalada con la Resina HIT-RE 500 no cumplen con la longitud aprobada (70mm).</li> <li>-Las barras roscadas instaladas presentan desalineamiento.</li> </ul>	2-oct.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-193	<p><b>Inadecuada instalación de los soportes de las pasarelas de Evacuación entre la Estación E-22 Colectora Industrial y Pozo PV-22</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección de los trabajos de instalaciones de pasarelas de evacuación realizada el día viernes 04/10/19, comprendidas entre la Estación E-22 y Pozo PV-22, se ha evidenciado que el CONTRATISTA continua con los trabajos de instalación de soportes de pasarelas haciendo caso omiso al reporte de No Conformidad RNC Nº 192, quien nuevamente ha incurrido en las siguientes observaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Las barras roscadas M16 instaladas han sido dobladas y alineadas mediante el uso de una barra (grifadas).</li> <li>-Los soportes de las pasarelas se encuentran dobladas, con abolladuras y desgarro de pintura.</li> <li>-Loos soportes de las pasarelas no cumplen con el distanciamiento entre ellos aprobados de 1.70m.</li> </ul>	7-oct.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-194	<p><b>Tendido de conductor de puesta a tierra con recorrido no aprobado y tierra de relleno contaminada</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> CML2 viene ejecutando el tendido de conductores de la puesta a tierra de la etapa 1B del Patio Taller Santa Anita, sin embargo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. CML2 ha procedido con el tendido del conductor de puesta a tierra iguiendo un recorrido diferente al de los planos aprobados, debe presentar para revisión y aprobación los planos del tendido actual.</li> <li>2.CML2 ha utilizado tierra que durante el tamizado no fue aislada del terreno, lo cual implica que la tierra que rodea el conductor de cobre esta contaminada.</li> <li>3.CML2 ha utilizado conductores de cobre con trenzado deficiente.</li> </ol>	5-nov.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-195	<p><b>Montaje de seccionadores de catenaria en terreno humedo y ausencia de garantía de sismo - resistencia</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> CML2 ha montado los seccionadores de catenaria sin embargo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. CML2 ha instalado los seccionadores de catenaria en zonas muy húmedas.</li> <li>2. CML2 ha montado los seccionadores sin contar con un anclaje sismo resistente.</li> <li>3.CML2 no puede garantizar la horizontabilidad de los podios sobre los que ha instalado los seccionadores de catenaria.</li> <li>4. No se ha aplicado lo propuesto en la Nota CJV-CON-RDT-00020-18.</li> </ol>	5-nov.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.

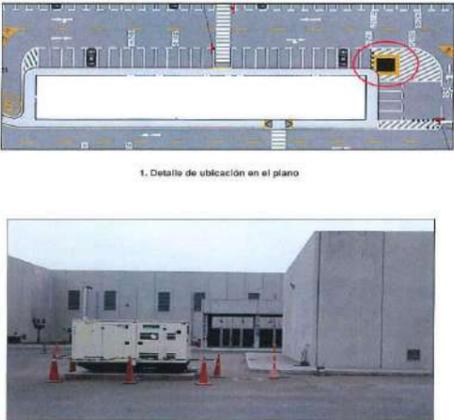
**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRAFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-196	<p><b><u>Incumplimiento de Planos Aprobados y de reglamento nacional de Electricidad en instalación de gabinetes PS &amp; TP (gabinete IXL)</u></b>  <b>DESCRIPCION:</b> A continuación se presentan los siguientes incumplimientos:                      1. Incumplimiento del código nacional de electricidad CNE-Utilización:020-308 "Espacio de trabajo alrededor del equipo eléctrico" se consigna "se debe proveer un espacio mínimo de trabajo con piso no deslizante de un 1 m alrededor de equipos eléctricos, tales como tableros de distribución, de control y centros de control de motores instalados dentro de cubierta metálicas, excepto cuando no se requiera dicho espacio de trabajo detrás de tales equipos, donde no haya partes renovables, como fusibles o interruptores, y donde todas las conexiones sean accesibles desde otros lados que no sean el posterior". En el CNE-Utilización:020-312 "Accesibilidad para Mantenimiento", se consigna: "Los paisajes y espacios de trabajo alrededor del equipo eléctrico no deben ser usados como almacén y deben mantenerse libres de cualquier obstrucción, así como permitir el acceso a todas las partes que requieran atención". Es de hacer notar que dichos gabinetes tienen tapas posteriores removibles mediante pernos, para poder acceder a los puntos de conexión entre las barras de cobre y los cables eléctricos proveniente de los interruptores que esta instalados en la parte frontal, dicha conexión es a través de los orificios roscados de la barra de cobre y solo pueden ser accesibles por la parte posterior del gabinete a través de dichas tapas removibles.                      2. Incumplimiento de planos aprobados: El los planos ML2-AST-01A-C-022-GRAL-AEPSU-DIS-PL-1252-0A Plano de detalle de los soportes para gabinetes de PS&amp;TP en PTSA* aprobados con carta CAR-5410-19-ABCSA-SCML2-0, la distancia libre de separación entre lado posterior de gabinete +IXL y pared de la sala de señalización es de 60cm.</p>	8-nov.-19		<b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-197	<p><b><u>Perfil angular metálico oxidado de tapa y asiento metálico de tapa en caja equipotencial</u></b>  <b>DESCRIPCION:</b> ABCSA ha encontrado en las cajas de enlace equipotencial del Patio Taller Santa Anita, perfiles oxidados en el marco de la tapa y en el asiento de la tapa.</p>	12-nov.-19		<b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-198	<p><b><u>Falta de recubrimiento, aceros, dados expuestos en muros pantalla del cajon a nivel de losa de vestibulo</u></b>  <b>DESCRIPCION:</b> El día 11/11/19 se realizó la inspección de muros pantalla a nivel de losa de vestibulo del cajón de la estación. Se concluye que las siguientes pantallas presentan falta de recubrimiento, aceros y dados expuestos: Nº 1, 2, 3, 4, 7, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 22, 23, 31, 33, 36, 42, 43, 44, 51, 61, 62, 67, 68, 69, 70 y 81.</p>	13-nov.-19		<b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-199	<p><b><u>Interfaces entre la malla de cerramiento zona driverless, buzones, postes de catenaria e iluminación y otro en PTSA</u></b>  <b>DESCRIPCION:</b>                      1. Interface entre la malla de cerramiento y buzones eléctricos.                      2. Ubicación, nivel y puesta a tierra de la malla metálica de cerramiento.                      3. Ubicación de buzones eléctricos.                      4. Postes y pórticos de catenaria: Puesta a tierra y accesibilidad.                      5. Base de cimentación de los postes de la malla de cerramiento.</p>	15-nov.-19		<b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.

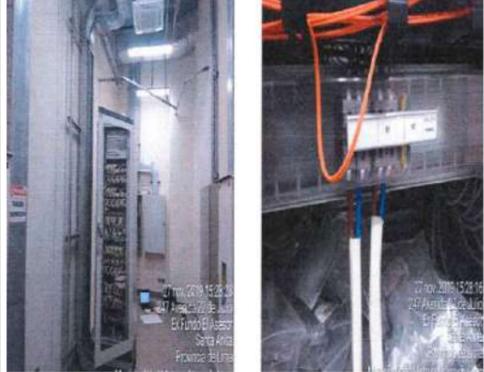
**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRAFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-200	<p><b>Instalación de grupo electrógeno fuera del edificio técnico para grupo de bombas contraincendio</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> El grupo electrógeno de emergencia para alimentar el grupo de bombas contraincendio se encuentra fuera del edificio técnico sin protección para evitar el acceso a personal no autorizado, daños resultado de la circulación de automóviles y camiones y contra los elementos (lluvia). Según la NFPA 70, Art. 110.26, E)Espacio dedicado para equipos, 2) Exterior, indica deben instalarse envolventes adecuados para protección contra daño vehicular, acceso a personal no autorizado y contra los elementos.</p>	18-nov.-19	 <p>1. Detalle de ubicación en el plano</p>	<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-201	<p><b>Niveles longitudinales fuera de tolerancia permitida de +/- 3mm en la verificación post-construcción de los rieles en los tramos siguientes: a) Vía 1 y 2 (entre E23: "Hermilio Valdizán hasta el PV24) y b) TK1 y TK2(Túnel Ramal de acceso a PTSA).</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Realizadas las verificaciones topográficas post-construcción de la supervisión correspondientes a los niveles longitudinales de las vías en : a)Vía 1 y 2 (entre Estación E23: "Hermilio Valdizán hasta el PV24) y b) TK1 y TK2(Túnel Ramal de acceso a PTSA) se ha registrado que existen tramos en donde dichos valores exceden la tolerancia permitida. Esta verificación se ha realizado conforme a las especificaciones técnicas detalladas superestructura de vía al numeral 10.4 CONTROL DE CALIDAD 10.4.1 Tolerancias que textualmente indica: "Nivelación, error de nivelación ± 3mm variación del error de nivelación 1mm por m". Y asimismo el numeral 10.4.2 Verificación de los rieles". Esta verificación a la que se hace referencia la ha realizado la supervisión encontrando valores de hasta -8mm siendo el máximo permitido de -3mm. De acuerdo a lo indicado en el parrafo anterior se puede determinar tambien que tampoco se cumple con las pendientes establecidas en el EDI 1A-015-T21A Superestructura de vía. Tramo 5 y Ramal Acceso Patio Taller.</p>	19-nov.-19	<p>DESCRIPCION: Realizadas las verificaciones topográficas post-construcción de la Supervisión correspondientes a los niveles longitudinales de las vías en: a. Vía 1 y 2 (entre Estación 23: Hermilio Valdizán hasta Pico de Verificación 24) y b. TK1 y TK2 (Túnel Ramal de Acceso a PTSA) se ha registrado que existen tramos en donde dichos valores exceden la tolerancia permitida. Esta verificación se ha realizado conforme las Especificaciones Técnicas Detalladas Superestructura de Vía al numeral 10.4 CONTROL DE CALIDAD 10.4.1 Tolerancias que textualmente indica: " Nivelación, error de nivelación ±3mm, Variación del error de nivelación 1 mm por m". Y asimismo el numeral 10.4.2 Verificación final que textualmente indica: "Se deberá realizar una verificación post-construcción de la posición final de los rieles".</p> <p>Esta verificación a la que se hace referencia la ha realizado la Supervisión encontrando valores de hasta -8mm siendo el máximo permitido: -3mm.</p> <p>De acuerdo a lo indicado en el parrafo anterior se puede determinar tambien que tampoco se cumple con las pendientes establecidas en el EDI 1A-015-T21A Superestructura de vía. Tramo 5 y Ramal Acceso Patio Taller.</p> <p>Se solicita al Contratista establecer las medidas correctivas para cumplir con el diseño establecido en los Eds. respectivos y con las Especificaciones Técnicas Básicas ETS del proyecto.</p> 	<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-202	<p><b>Falta de protecciones sobre las hélices de los ventiladores axiales en fachadas de los edificios de PTSA</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Los ventiladores axiales en las fachadas de los edificios de nave taller principal, material rodante y edificio técnico no disponen de rejillas de protección contra el desprendimiento de las hélices o contacto accidental con ellas(lado exterior de los edificios). La zona exterior de los edificios, colindante con las fachadas donde se encuentran instalados los ventiladores axiales, son peatonales. 1)Según el reglamento Nacional de seguridad Industrial (DS 42-F 1964 -TRA) capítulo 3, Art 232 1)se exige el uso de resguardos contra contingencias inherentes del trabajo del equipo. 2) Este requerimiento de seguridad no ha sido tenido en cuenta en el EDI 1A-20.</p>	25-nov.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-203	<p><b>Incumplimiento de la instalación y puesta en marcha de tableros correspondientes al subsistema de comunicación primaria, EDI 1A-26, sin contar con los procedimientos y protocolo de instalación aprobados ppor ABCSA.</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante las inspecciones realizadas el día 11/11/19, se ha evidenciado que el CONTRATISTA ha realizado instalaciones de los cables de alimentación eléctrica y ethernet en los tableros que corresponden al subsistema de comunicación primaria correspondientes al EDI 1A-26, Proyecto de instalaciones ferroviarias sistema de telecomunicaciones. Dichos trabajos no disponen de procedimiento ni protocolo aprobados para realizar dichas actividades en PTSA-Edificio Oficinas. A continuación se describen los materiales y equipos que no han sido liberados ni aprobados por ABCSA: 1. Instalación de bandejas portables: Para dichas instalaciones no se han realizado las pruebas ICI por lo tanto no se tienen los protocolos aprobados hasta la fecha por ABCSA. 2.Instalación de bastidores y armarios tecnológicos: Para dichas instalaciones no se han realizado las Pruebas ICI por lo tanto no se tienen los protocolos hasta la fecha por ABCSA. 3.Instalación y liberación de cables de alimentación eléctrica, ethernet, fibra óptica. En dichas instalaciones hasta la fecha no se han realizado las pruebas de medición de aislamiento a los cables de alimentación eléctrica ni certificación de cables ethernet, fibra óptica.</p>	25-nov.-19	 <p>22 nov. 2019 14:19:17 247 Avenida 22 de Julio Ex-Fundo El Asejo Santa Anita Provincia de Lima</p>	<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b> <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.

**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRAFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-204	<p><b>Incumplimiento de presentación de Procedimientos de Instalación Aprobados previo a la instalación de Gabinetes, equipos y Cables de señalización en PTSA.</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> El CONTRATISTA ha ejecutado la instalación de motores de aguja, circuitos de vía, cables, gabinetes de señalización sin procedimientos de instalación aprobados. El CONTRATISTA también ha realizado el conexionado de cables entre los dispositivos de campo y los gabinetes de señalización frontam ZC/ATS/WSP/PP/RELAY/VHMI, así como la energización de estos sin haber realizado las pruebas ICI y SAT a estos gabinetes, los cables no cuentan con pruebas de aislamiento y continuidad y las bandejas si PAT. Las bandejas no cuentan con puesta a tierra a pesar de que los gabinetes y cables ya han sido energizados.</p>	27-nov.-19		<b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-205	<p><b>Colocación de primera capa de balasto contaminado entre los TK-20 y TK-21 Patio Taller Santa Anita - Etapa 1B.</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección realizada el día (27/11/19), se ha evidenciado que el Concesionario ha iniciado el acopio y tendido de la primera capa de balasto entre los TK 20 y TK 21 en una longitud aproximada en 120 metros lineales correspondiente a la etapa 1B, el cual presenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Balasto contaminado con materia fina (tierra y polvo).</li> <li>- Balasto con cantos rodados (mayor a lo establecido en el EDI aprobado).</li> <li>- Balasto con resto de alambres, fierros, plásticos, etc.</li> </ul>	27-nov.-19		<b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-206	<p><b>Incumplimiento en la instalación y puesta en marcha de tablero correspondiente al subsistema de comunicación primaria, EDI 1A-26, sin contar con los planos, procedimientos y protocolo de instalación aprobados por ABCSA.</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante las inspecciones realizadas el día 27/11/19, se ha evidenciado que el CONTRATISTA ha realizado la instalación de tablero, cables de alimentación eléctrica ethernet. Correspondientes al subsistema de comunicación primaria del EDO 1A-26, proyecto de instalaciones ferroviarias sistema de telecomunicaciones. Dichos trabajos no disponen de planos aprobados procedimiento ni protocolo aprobados para realizar dichas actividades en PTSA-Edificio Oficinas (Tercer piso).</p> <p>A continuación se describen los materiales y equipos que no han sido liberados ni aprobados por ABCSA:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Instalación de bandejas portacables: Para dichas instalaciones no se han realizado las pruebas ICI por lo tanto no tienen los protocolos aprobados por ABCSA.</li> <li>2) Instalación de tablero PTSAEDFTLDSARMD-0003: Para dichas instalación no se han realizado las pruebas ICI por lo tanto no tienen los protocolos aprobados por ABCSA.</li> <li>3) Instalación y liberación de cables de alimentación eléctrica, ethernet, fibra óptica. En dichas instalaciones hasta la fecha no se han realizado las pruebas de medición de aislamiento a los cables de alimentación eléctrica ni certificación de cables ethernet, fibra óptica.</li> </ol>	29-nov.-19		<b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-207	<p><b>Incumplimiento en la instalación y puesta en marcha de tablero correspondiente a instalación de supervisión EDI 1A-20, sin contar con los planos y protocolos de instalación aprobados por ABCSA.</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante las inspecciones realizadas el día 27/11/19, se ha evidenciado que el CONTRATISTA ha realizado las pruebas en los tableros de control correspondientes a las instalaciones de supervisión del EDI 1A-20. Dichos trabajos no disponen de planos ni protocolos para realizar dichas actividades en PTSA en las naves: Edificio Técnico, Edificio Oficinas, Nave Taller Principal de Mantenimiento, Nave de Material Rodante.</p> <p>A continuación se describen los incumplimientos en los que se ha incurrido:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Instalación de tableros de supervisión: Falta de instalación de los módulos de CPU redundante y el módulo de alimentación redundante. Falta presentar los planos con la ingeniería de detalle del cableado desde el PLC hasta los elementos finales de control. No se ha realizado las pruebas ICI de los tableros, Falta presentar el plano de arquitectura integral del sistema en donde se detalle la integración con las instalaciones de control de acceso y las instalaciones de detección de incendio en PTSA.</li> <li>2) Instalación y liberación de cables de alimentación eléctrica. En dichas instalaciones hasta la fecha no se han realizado las pruebas de medición de aislamiento a los cables de alimentación eléctrica.</li> </ol>	29-nov.-19		<b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.

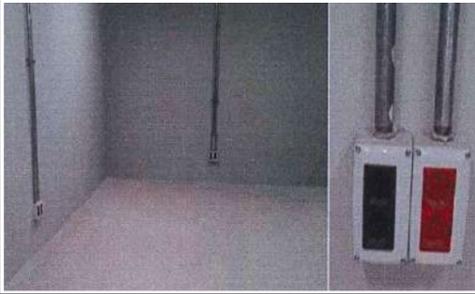
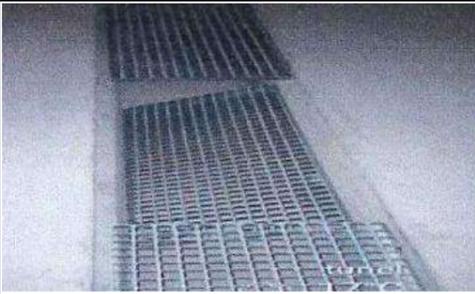
**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRAFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO												
RNC-ABCSA-208	<p><b>Falta de protección para los puertos de control de rociadores, gabinetes y tuberías montantes para conexión de bomberos en almacén nave taller y nave material rodante</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Los puestos de control de rociadores, gabinetes y tuberías montantes para conexión de bomberos ubicados en el almacén de nave taller principal y en la nave de material rodante no disponen de protección para evitar al acceso a los equipos por parte de personal no autorizado y evitar daños por impacto producido por montacargas, dado que la zona aledaña a los equipos es vía de tránsito para estos vehículos.</p> <p>1) La NFPA 13 punto 7.3.1.8 indica que las válvulas de control y tuberías de abastecimiento deben estar protegidas contra daños.</p> <p>2) La NFPA 14 punto 6.1.2.1 indica que el sistema de tuberías debe estar protegido contra daños</p> <p>3) Este requerimiento no ha sido tenido en cuenta en el EDI 1A-20.</p>	2-dic.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.												
RNC-ABCSA-209	<p><b>Incumplimiento con los tiempos de actualización en pantalla del sistema de gestión de red (NMS) reportado en las pruebas FAT del sistema de comunicación primaria(CPR), según el registro de pruebas ML2-JCG-GEN-G-000-GRAL-TLTL-IT-6517-0A, enviado a OSITRAN con carta CAR-4245-18-ABCSA-OST-0 del 10/08/18</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> En las pruebas FAT del Sistema de Comunicación primaria (CPR), efectuadas en Nápoles ( Italia) del 25 al 27 de junio de 2018, se detectaron en el Sistema de Gestión de Red (NMS), tiempos de visualización de las alarmas que incumplen con el anexo 6, la normativa vigente y el EDI aprobado, como se relaciona en el Anexo N° 1( 3 páginas). A la fecha, no se ha recibido solución al problema, siendo imposible evaluar a través de evidencias, el estado y desempeño actual del NMS.</p>	2-dic.-19	<p><b>6.2 Vigilancia de alarmas</b></p> <p>La RGT ofrece la posibilidad de supervisar los fallos de NE casi en tiempo real. Cuando se produce un fallo, el NE envía una indicación. En función de la misma, la RGT determina la naturaleza y la gravedad del fallo. Por ejemplo, puede determinar las consecuencias del fallo en los servicios soportados por el equipo averiado, lo que se puede lograr de dos maneras: o bien las indicaciones de alarma del NE en código binario son interpretadas por una base de datos de la RGT, o bien, si el NE tiene la suficiente capacidad, puede enviar mensajes autoexplicativos a la RGT. El primer método solo requiere que el NE tenga una capacidad básica de auto supervisión. El segundo método exige, además, que tanto el NE como la RGT soporten algún tipo de sintaxis de mensajes que permita una descripción adecuada de las condiciones de la avería.</p> <p>La información relativa a la alarma se puede comunicar en el momento mismo en que ocurre el fallo, y/o puede quedar registrada para consulta futura. Una señal de alarma puede provocar también otras acciones de gestión dentro del NE que conduzcan a la producción de otros datos de gestión de averías.</p> <p>Para que la RGT pueda efectuar la vigilancia de alarmas, los NE deben:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Permitir la supervisión de las condiciones de alarma casi en tiempo real o con arreglo a un plan.</li> <li>• Permitir la inspección de las condiciones de alarma existentes en el NE.</li> <li>• Permitir el registro y la recuperación del historial de información sobre alarmas.</li> </ul> <p>La vigilancia de alarmas comprende los siguientes conjuntos de funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conjunto de funciones de política de alarmas.</li> <li>• Conjunto de funciones de análisis de eventos de avería de red, incluidos la correlación y el filtrado.</li> <li>• Conjunto de funciones de modificación de la situación de las alarmas.</li> <li>• Conjunto de funciones de señalamiento de alarmas.</li> <li>• Conjunto de funciones de resumen de alarmas.</li> <li>• Conjunto de funciones de criterios de eventos de alarmas.</li> <li>• Conjunto de funciones de gestión de indicadores de alarmas.</li> <li>• Conjunto de funciones de control de fichero-registro cronológico.</li> <li>• Conjunto de funciones de correlación y filtrado de alarmas.</li> <li>• Conjunto de funciones de detección y notificación de eventos de fallo.</li> </ul>	<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.												
RNC-ABCSA-210	<p><b>Incumplimiento de presentación de especificaciones técnicas de Balizas de señalización previo a su instalación en PTSA</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> El CONTRATISTA no ha presentado a la Supervisión en las Especificaciones Técnicas de las Balizas en el EDI 1A-25 aprobado, ni posteriormente de manera formal mediante carta, para su revisión y posterior aprobación por parte de la supervisión. Sin embargo ha ejecutado la instalación de 7 balizas en el área de test track y 31 soportes de balizas distribuidas en las durmientes de las vías férreas de la etapa 1A en PTSA.</p>	3-dic.-19		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.												
RNC-ABCSA-211	<p><b>Pendiente en drenaje para descarga transversal de la superestructura de vía en el túnel de línea Etapa 1A no cumplido</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> La supervisión ha verificado que las pendientes para las descargas transversales a la canaleta central indicadas en el detalle del plano ML2-CML-01A-C-01-T21A-OC-DRE-DIS-PL-1531-00, sección A-A, PLANTA DISPOSICIÓN DE DRENAJE EN SECCIÓN TIPO TÚNEL EN RECTA- ETAPA 1A; no se han ejecutado conforme al diseño aprobado el cual indica un valor de 0.5%, encontrándose los valores de este parámetro de diseño en el terreno en 0%.</p>	6-dic.-19	<p><b>DESCRIPCION:</b> La Supervisión ha verificado que las pendientes (%) para las DESCARGAS TRANSVERSALES A LA CANALETA CENTRAL, indicadas en el detalle del plano ML2-CML-01A-C-01-T21A-OC-DRE-DIS-PL-1531-00, SECCIÓN A-A, PLANTA DISPOSICIÓN DE DRENAJE EN SECCIÓN TIPO TÚNEL EN RECTA- ETAPA 1A; no se han ejecutado conforme al diseño aprobado el cual indica un valor de 0.5%, encontrándose los valores de este parámetro de diseño en el terreno en 0%.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>SOLICITUD EMITIDA POR:</th> <th>REVISIÓN JEFE DE AREA:</th> <th>APROBADO POR QA:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FIRMA: </td> <td>FIRMA: </td> <td>FIRMA: </td> </tr> <tr> <td>NOMBRE: Humberto Torres Vega</td> <td>NOMBRE: Ximara Jilac</td> <td>NOMBRE: Wang Xianwei</td> </tr> <tr> <td>FECHA: 06/12/2019</td> <td>FECHA: 11/12/2019</td> <td>FECHA: 20/12/2019</td> </tr> </tbody> </table>	SOLICITUD EMITIDA POR:	REVISIÓN JEFE DE AREA:	APROBADO POR QA:	FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:	NOMBRE: Humberto Torres Vega	NOMBRE: Ximara Jilac	NOMBRE: Wang Xianwei	FECHA: 06/12/2019	FECHA: 11/12/2019	FECHA: 20/12/2019	<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
SOLICITUD EMITIDA POR:	REVISIÓN JEFE DE AREA:	APROBADO POR QA:																
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:																
NOMBRE: Humberto Torres Vega	NOMBRE: Ximara Jilac	NOMBRE: Wang Xianwei																
FECHA: 06/12/2019	FECHA: 11/12/2019	FECHA: 20/12/2019																
RNC-ABCSA-212	<p><b>Carencia de información por el daño a los extensómetros de cuerda vibrante ECV19SC11 y ECV19SC12</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Desde el 23/10/19 se verificó que los dos ECV embebidos en la pantalla N°63 de la estación E-19 "San Juan de Dios" no presentan ninguna lectura en el SIGTUN, por lo que se solicitó al CONTRATISTA información sobre el estado de estos equipos, el CONTRATISTA en la reunión de auscultación del 09/12/19 informó finalmente que los dos ECV se encontraban dañados, por lo expuesto se emite el presente reporte de no conformidad debido a la pérdida de información que este suceso origina, especialmente por tratarse de los dos únicos instrumentos de cuerda vibrante que monitoreaban la deformación de la armadura durante la fase de excavación (actualmente en ejecución).</p>	11-dic.-19	<p><b>DESCRIPCION:</b> Desde el 23/10/19 se verificó que los dos ECV embebidos en la pantalla N°63 de la estación E-19 "San Juan de Dios" no presentan ninguna lectura en el SIGTUN, por lo que se solicitó al Contratista información sobre el estado de estos equipos, el Contratista en la reunión de Auscultación del 09/12/19 informó finalmente que los dos ECV se encontraban dañados, por lo expuesto se emite el presente reporte de no conformidad debido a la pérdida de información que este suceso origina, especialmente por tratarse de los dos únicos instrumentos de cuerda vibrante que monitoreaban la deformación de la armadura durante la fase de excavación (actualmente en ejecución).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>SOLICITUD EMITIDA POR:</th> <th>REVISIÓN JEFE DE AREA:</th> <th>APROBADO POR QA:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FIRMA: </td> <td>FIRMA: </td> <td>FIRMA: </td> </tr> <tr> <td>NOMBRE: Humberto Torres Vega</td> <td>NOMBRE: Ximara Jilac</td> <td>NOMBRE: Wang Xianwei</td> </tr> <tr> <td>FECHA: 11/12/19</td> <td>FECHA: 11/12/2019</td> <td>FECHA: 20/12/2019</td> </tr> </tbody> </table>	SOLICITUD EMITIDA POR:	REVISIÓN JEFE DE AREA:	APROBADO POR QA:	FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:	NOMBRE: Humberto Torres Vega	NOMBRE: Ximara Jilac	NOMBRE: Wang Xianwei	FECHA: 11/12/19	FECHA: 11/12/2019	FECHA: 20/12/2019	<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
SOLICITUD EMITIDA POR:	REVISIÓN JEFE DE AREA:	APROBADO POR QA:																
FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:																
NOMBRE: Humberto Torres Vega	NOMBRE: Ximara Jilac	NOMBRE: Wang Xianwei																
FECHA: 11/12/19	FECHA: 11/12/2019	FECHA: 20/12/2019																

**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRAFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-213	<p><b>Caja porta mecanismo no instalada en algunos ambientes del edificio Nave Taller - PTSA, en su reemplazo se vienen instalando cajas y equipos individuales no aprobados para tal finalidad</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> En los siguientes ambientes del edificio Nave Taller del PTSA, no se han instalado cajas porta mecanismo como indica las especificaciones tecnicas, fichas tecnicas y planos, todos aprobados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuarto electrico mantenimiento</li> <li>- Comunicaciones</li> <li>- Cuarto de solventes</li> </ul> <p>En reemplazo de las cajas portamecanismo y accesorios, se vienen instalando cajas y equipos individuales no aprobados para tal fin y ademas la ubicacion donde se vienen instalando y su forma de instalacion no guarda relacion con los siguientes documentos aprobados.</p>	11-dic.-19		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-214	<p><b>Incumplimiento de tolerancia indicadas en el EDI para el encuentro entre canaleta central de drenaje y rejilla metálica, Túnel Etapa 1A</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Se ha evidenciado que en la obra ejecutada la separación entre el borde de la canaleta central y la rejilla metálica indicada en el detalle A del plano ML2-CML-01A-C015-T21A-OC-DRE-DIS-PL-1531 DETALLE "A" perteneciente al EDI aprobado no cumplen con la tolerancia indicada (5mm), existiendo en algunos casos la caída de la rejilla en la canaleta central, este hecho se ha evidenciado a lo largo de la Etapa 1A, a manera de ejemplo en el tramo del túnel comprendido entre la estaciones E20 y E21.</p>	18-dic.-19		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-215	<p><b>Inadecuada instalación de Placas Kilométricas por Decímetros en ambos hastiales del Túnel - Etapa 1A</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección realizada el día (12/12/19), se ha evidenciado que el CONTRATISTA ha instalado las Placas Kilométricas en ambos hastiales del túnel correspondiente a la Etapa 1A (Desde PV-19BIS hasta Estación E-24). El mismo que ha sido instalado sin tener en consideración la interferencia con elementos ya instalados en los hastiales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Conectores de puesta a Tierra del Sistema estructural metálico del túnel.</li> <li>-Cajas de registro de inyección del sistema de impermeabilización del túnel.</li> </ul>	13-dic.-19		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-216	<p><b>Incompatibilidad de Diseño entre pasarela de evacuación y hastial del túnel de Línea -Etapa 1A</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> De acuerdo a la inspección de campo, el montaje de los elementos metálicos de las pasarelas de evacuación de pasajeros en el túnel de línea-Etapa 1A ( entre el pozo PV19 Bis y Estación E-24), se ha evidenciado que existe un problema relacionado con el apoyo de este elemento metálico en el muro de concreto del túnel (hastial). Específicamente se ha detectado que las barras roscadas M16 y la plancha metálica de 12 mm previstas en el plano ML2-CML-01A-C-014-T21A-OCSTR-DIS-PL no cumplen la función prevista de trabajo a tensión y fricción, evidenciando una separación en la parte superior de 2 a 3 cm aproximadamente entre la plancha metálica y el hastial (muro de concreto del túnel). Este problema se circunscribe a que la plancha metálica que sirve de apoyo y el hastial no se apoya totalmente por no haber sido fabricado con el ángulo necesario que permita una fijación correcta. A continuación se presenta el estado actual de placa metálica de 12 mm que forma parte de dicha pasarela de evacuación y que no es compatible con el hastial del túnel.</p>	20-dic.-19		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-217	<p><b>Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico que incumplen en CNE, ubicados en ambientes técnicos del PTSA y estaciones 23 y 24</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Según el CNE-Utilización :020-308 "Espacio de Trabajo Alrededor del Equipo Eléctrico", indica lo siguiente: "(1) Se debe proveer un espacio mínimo de trabajo con piso no deslizante de un metro alrededor de equipos eléctricos, tales como tableros de distribución, de control y centros de control de motores instalados dentro de cubierta metálicas, excepto cuando no se requiera dicho espacio de trabajo detrás de tales equipos, donde no haya partes renovables, como fusibles o interruptores, y donde todas las conexiones sean accesibles desde otros lados que no sean el posterior. Sin embargo, se han instalado equipos eléctricos (celdas, tableros, UPS, etc.) con un ancho que varía desde 0.8 m a 1.225m, todos los equipos tienen doble comportamiento con elementos ubicados en su parte posterior que requieren ser accesible, complementando a lo anterior, el espacio de trabajo entre la parte posterior del equipo hacia la pared civil u otro equipo eléctrico es menor a 1 m (varía desde 0.2 a 0.7m).</p>	23-dic.-19		CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.

**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRAFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-218	<p><b>Presencia de fisuras en paneles prefabricados de concreto de los edificios del Patio Taller Santa Anita</b>  <b>DESCRIPCION:</b> Al realizar la inspección el día 27/12/19 en Patio Taller-PTSA, se ha evidenciado la presencia de fisuras en los paneles prefabricados de los siguientes edificios: Nave Taller Principal, Edificio de Oficinas, Material Rodante, Edificio Punto Limpio, Edificio de Limpieza y Edificio Técnico.</p> <p>Ante lo expuesto, se solicita al CONTRATISTA presentar las causas, acciones correctivas y preventivas incluyendo asimismo el mapeo de las fisuras, un Instructivo donde se mencione el tipo de reparación que se realizará respecto de dichas fisuras, así como el seguimiento, diagnóstico y finalmente su respectiva reparación considerando el acabado final del pintado íntegro del panel prefabricado. Todos estos trabajos deberán ser evidenciados con la documentación respectiva.</p>	2-ene.-20		<b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-219	<p><b>Desfase de aceros longitudinales de Micropilote N°03 Lado Callao acceso 2</b>  <b>DESCRIPCION:</b> Finalizado el descabezado de micropilotes del acceso 2 se observa que el micropilote N03 Lado Callao presenta un desfase en sus aceros longitudinales, motivo por el cual no cumple con el diseño mostrado en el EDI. Ante lo expuesto se solicita identificar las causas, exponer las acciones correctivas y preventivas correspondientes.</p>	30-dic.-19		<b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-220	<p><b>Omisión de procedimiento aprobado para falso cielo de escaleras públicas andén - vestíbulo estaciones E20-21-22-23-24.</b>  <b>DESCRIPCION:</b> 'El día 04 de diciembre de 2019 se aprobó la solicitud de cambio ML2-CJV-SC-S205-AADET-0042, para la instalación de cielo raso inclinado bajo escaleras públicas a nivel de andén; sin embargo, el 18.12.2019, en inspección de campo en las estaciones 23 y 24 conjuntamente con el CML2, se observó que la soportería para los cielorasos inclinados bajo las escaleras públicas, en andén, estaban siendo instalados con materiales diferentes, por ejemplo:  1. Espesor y dimensiones de los perfiles:  Según SC aprobada: perfil C, de acero galvanizado 150mm x 64mm. E=1.60mm @610mm  Según en obra: perfiles galvanizados 89mm x 38mm. E= 0.90mm  2.Tipo de pernos:  Según SC aprobada PERNOS CABEZA HEXAGONAL M10 PARA ANCLAJE EN DRYWALL O KING BLOCK / PARA ASEGURAR LAS PLANCHAS TORNILLO AUTOAVELLANANTE PTA BROCA DE 8 X 1 1/4" Y 8 X 1 3/4"  Según en obra: Pernos TIPO HILTI DE 3/8 X 2 1/8" PARA ANCLAJE EN CONCRETO Y PERNOS CABEZA Hexagonal de 1/4 X 3" PARA ANCLAJE EN DRYWALL / PARA ASEGURAR LAS PLANCHAS TORNILLO AUTOAVELLANANTE PTA BROCA DE 8 X 1 1/4" Y 8 X 1 3/4"  3.Tipo de planchas:  Según SC aprobada PLANCHAS DE FIBROSILICATO PROMATECH -H 10MM  Según en obra: PLANCHAS DE DRYWALL RF DE 1/2" TIPO C  4.Tipo de lana mineral:  Según SC aprobada DOBLE LANA MINERAL DE 100KG X M3 E= 50MM KNAUF INSULATION.  Según en obra: OWEN CORNING.  Ante lo expuesto se solicita que se ejecute los trabajos según la solicitud de cambio aprobada, ML2-CJV-SC-S205-AADET-0042 con el tema: Falso Cielo raso debajo de las escaleras públicas adnén.vestibulo Estaciones E-20-21-22-23-24.Estos hechos fueron comunicados oportunamente al CML2, en forma verbal y vía email; sin embargo, en obra hacen caso omiso.</p>	2-ene.-20		<b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-221	<p><b>Inadecuada instalación de las varillas de acero y Soldaduras exotermicas RJ e incumplimiento según los planos aprobados</b>  <b>DESCRIPCION:</b> Durante los trabajos de revisión de las soldaduras RJ por parte de la supervisión ABCSA, en la losa de cubierta-fase 3 ( Zona sur y norte) de la estación E26: "Prolongación Javier Prado", observo lo siguiente:  a) Ejecución de soldadura: se realizó en varillas de acero de 1" de diametro y de 1,00m longitud distinto a lo indicado en el plano aprobado el cual el cual especifica que se debe realizar la soldadura en varillas de 1" de diametro y 9,00m de longitud.  b) Orientación de la colocación: se realizó en la varilla de 1" de diametro y 1,00m de longitud y en una orientación perpendicular a lo indicado en el plano aprobado.  Asimismo es importante indicar que la varilla mencionada en el plano, de 1" metro de diametro y 9,00m de longitud forma parte de la malla estructural de la losa de cubierta, sin embargo la varilla de 1" de diametro y 1,00m de longitud instalada por el CONTRATISTA no es estructural.Finalmente se solicita detallar las causas, acciones correctivas y preventivas correspondientes.</p>	2-ene.-20		<b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA: ACCIONES PREVENTIVAS:</b>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.

**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRÁFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-222	<p><b>Bandeja eléctrica Ferroviaria: Clase y designación, procesos despues de la fabricación, ondulación y deformación</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante la clase y desiganción de las bandejas eléctricas el CONTRATISTA en el informe IT-5802 que tomo como base la norma NEMA VE 1, realizó un análisis para las mismas bandejas horizontales tipo lisas determinando una clase de bandeja igual a 8A. Sin embargo de acuerdo al CNE la clase de bandeja que corresponde es de Tipo C1. Al respecto mencionamos lo siguiente:</p> <p>a. El Código CNE pertenece a los documentos contractuales del Proyecto.</p> <p>b. La Norma NEMA VE 1 "Metal Cable Tray Systems", no es una norma contractual para los sistemas ferroviarios.</p> <p>c. Las clases o designaciones que emplea el CNE y NEMA VE 1, no son correspondientes.</p> <p>Por lo tanto, el CONTRATISTA debe emplear bandejas con la Clase que indica el Código CNE-Utilización</p>	2-ene.-20	<p>Cabeza del perno de Fijación de la bandeja a los soportes de bandeja</p>	<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-223	<p><b>Distancia Lateral insuficiente a bandejas de baja Tensión en Cabina Eléctrica del PTSA</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> En la cabina eléctrica del edificio técnico del PTSA las bandejas que ingresan al tablero general de baja tensión no cuenta con la distancia lateral mínima estipulada en el CNE-Utilización -070-2202 : Métodos de Instalación "Las mismas distancias seguridad para as bandejas deben ser...(c)600mm en sentido horizontal entre bandejas montadas adyacentes o hacia las paredes u otras obstrucciones."</p>	2-ene.-20		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-224	<p><b>Desfase de los aceros Longitudinales y aceros de refuerzo del muro pantalla N°27</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Finalizando el descabezado de muros pantallas para la viga testero lado Ate se observa que los aceros longitudinales y los aceros de refuerzo del muro pantalla N°27 se encuentran 2.60m debajo del nivel superior de losa de cubierta, motivo por el cual no cumple con el diseño mostrado en el EDI.</p>	7-ene.-20		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-225	<p><b>Incumplimiento en la instalación de inodoros en baños públicos de estaciones de pasajeros según EDI 1A-11 Aprobado</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante la inspección por parte de la Supervisión se ha evidenciado que en la estación Ovalo Santa Anita, el CONTRATISTA a construido unos recrecidos en las ubicaciones de os aparatos sanitarios de los servicios higienicos públicos, posteriormente se pretende instalar los inodoros encima de dicho recrecido, con el objetivo de conseguir la altura necesaria indicada en el EDI 1A-11 aprobada y cumplir con la norma A120 (Accesibilidad para personas con discapacidad y de las personas adultas mayores), artículo 15, b)Inodoros, donde indica lo siguiente: "Los inodoros se instalaran con la tapa del asiento entre 45 y 50 cm sobre el nivel del piso". En conclusión el CONTRATISTA esta incumpliendo con los especificado en el EDI 1A-11 aprobado, al ejecutar la construcción de una losa o recrecido previo a la instalación del inodoro en las estaciones de pasajeros para conseguir las alturas exigidas y más aún sin tener aprobado la ficha técnica del inodoro.</p>	10-ene.-20		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-226	<p><b>Incumplimiento del suministro e instalación de cajas de conexión de derivación a tierra 1-2-3</b></p> <p><b>DESCRIPCION:</b> Durante las inspecciones realizadas el día 21/01/2020, se observó que las cajas de conexión de derivación a tierra 1-2-3 no corresponden a las indicadas en los planos del EDI 1A-21 aprobado, donde señalan que estas cajas son de acero galvanizado, así mismo se observó que la fijacion de las cajas referidas tampoco cumplen lo especificado en los planos del EDI aoprobad, donde se especifica que la fijación al suelo es mediante soldado de concreto y base de acero galvanizado.</p> <p>En obra se evidencio cajas de acero instalado con acabaos exterior de polvo epoxy pollester con fijación en pantalla o paredes con distancia variable al suelo, lo cual incumple lo señalado en el EDI aporobado.</p>	23-ene.-20		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b></p> <p><b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.

**REGISTRO DE NO CONFORMIDADES**

Responsable :

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA EMISION	REGISTRO FOTOGRÁFICO	ACCION CORRECTIVA Y/O PREVENTIVA POR EL CONTRATISTA	FECHA DE COMPROMISO DE CIERRE	COMENTARIO
RNC-ABCSA-227	<p><b>Presencia de material no uniforme durante la colocación del cuerpo de relleno sobre losa de cubierta en estación 21: "Ovalo Santa Anita".</b>  <b>DESCRIPCION:</b> En la estación 21 Ovalo Santa Anita, se ha verificado que en la conformación del cuerpo para el relleno (material previo a la corona), no presenta un material con distribución con distribución homogénea en cuanto a la gradación, también se ha evidenciado que en algunas zonas se ha cuenta con la presencia del material segregado, así mismo se ha verificado material con tamaños mayores a 300mm incumpliendo lo indicado en las Especificaciones Técnicas del EDI aprobado, en el cual en el ítem 8.2.3 Materiales granulometría indica lo siguiente: "...el Tamaño Máximo (TM) estará comprendido entre 100mm y 300mm ...".                      Se debe recordar que la existencia de material segregado, más allá de no cumplir un requisito de las especificaciones técnicas, dificulta el objetivo del proceso de compactación del material colocado, ya que no es factible garantizar una densidad homogénea en el volumen compactado, así como posibles asentamientos instantáneos diferenciados una vez colocadas capas superiores. El CONTRATISTA debe corregir el proceso de colocación de dicho material para cumplir con las especificaciones Técnicas y lograr la colocación y compactación de un material con razonable homogeneidad tanto en su constitución como en su densidad.</p>	28-ene.-20		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b>  <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-228	<p><b>Presencia de fisuras en paneles prefabricados de concreto de los edificios del Patio Taller Santa Anita</b>  <b>DESCRIPCION:</b> Al realizar la inspección el día 27/12/19 en Patio Taller-PTSA, se ha evidenciado la presencia de fisuras en los paneles prefabricados de los siguientes edificios: Nave Taller Principal, Edificio de Oficinas, Material Rodante, Edificio Punto Limpio, Edificio de Limpieza y Edificio Técnico. B84+B93</p>	30-ene.-20		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b>  <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.
RNC-ABCSA-229	<p><b>Deficiencias en la colocación del concreto del revestimiento secundario en el módulo 34 de la tercera vía del túnel PV19 lado callao</b>  <b>DESCRIPCION:</b> En el módulo del túnel PV 19 lado Callao (tercera vía), se ha detectado una cangrejera en el concreto del revestimiento secundario, esta se encuentra ubicada en la clave del túnel y próxima a la junta transversal con el módulo 33. Las armaduras de refuerzo en esta zona han quedado expuestas debido a deficiencias en la colocación del concreto, incumpliendo lo estipulado en las especificaciones técnicas detalladas: Trabajos en mina del EDI 1B-15 Aprobado, donde en el numeral 6.4.2 se establece que: "cuando el concreto es colocado en el encofrado o en excavaciones este deberá ser compactado completamente a través de toda la capa de concreto. Deberá obtenerse una masa densa y homogénea que deberá llenar todas las esquinas y ángulos, recubriendo totalmente las armaduras...".                      En el mismo módulo también se han detectado deformaciones del encofrado en un sector contiguo a la cangrejera, esto debido al empleo de viguetas de soporte de menor peralte al estipulado en los planos y soldaduras deficientes que no resistieron la presión del concreto durante el vaciado.</p>	7-feb.-20		<p><b>CORRECCIÓN: ACCION CORRECTIVA:</b>  <b>ACCIONES PREVENTIVAS:</b></p>	29-feb.-20	Esta pendiente por parte del CONTRATISTA la presentación de las acciones correctivas y preventivas para solucionar la no conformidad detectada. La Supervisión viene coordinando de manera continua y activa en las reuniones correspondientes con el CONTRATISTA en relación a este tema.